

Techniktraining im Tischtennis Intervention und Evaluation

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades Dr. phil.
eingereicht bei der
Philosophischen Fakultät IV

Institut für Sportwissenschaft der
Humboldt-Universität zu Berlin

von

Markus Raab

geb. 22.04.1968, Herzberg am Harz

Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin:
Prof. Dr. Jürgen Mlynek

Dekan der Philosophischen Fakultät IV:
Prof. Dr. Dietrich Benner

Tag der mündlichen Prüfung:
27. Mai 2004

Gutachter

1. Prof. Dr. Günter Tidow
2. Prof. Dr. Hanno Strang

Zusammenfassung

Im Leistungssport wird Techniktraining täglich geplant und bewertet. Gerade die Änderungen von Regeln oder Technikentwicklungen machen Tischtennis zu einem interessanten Anwendungsfeld, wie ein Techniktraining verbessert werden kann. Der Fokus der vorliegenden Arbeit lag nicht nur auf den einzelnen Techniken, sondern ebenfalls darauf, wie Übergänge zwischen den Techniken selbst optimiert werden können. Dazu wurde eine Diagnostik für die Techniken und Übergänge (Tischtennis-Technikwechsel-Leistungsdiagnostik) entwickelt, geprüft und verbessert. Aus den Ergebnissen der Diagnostik wurde eine Intervention der Techniken konzipiert (Phase I), die anschließend selbst- und fremdevaluiert wurde (Phase II). Die Erfahrungen der Intervention der Techniken und deren Evaluation wurden benutzt, um in einer Phase III eine zielgerichtete Trainingsmaßnahme zur Optimierung der Technikübergänge zu gestalten und zu evaluieren. Die Verbesserungen der Interventionsstichprobe gegenüber einer ebenfalls trainierenden Evaluationsstichprobe in kinematischen Analysen der Bewegungen und Trefferleistungen bestätigten die Hypothesen zu einer verbesserten Erreichung der Sollwertvorstellung. Trainingswettkämpfe sowie kurz- und langfristige videobasierte Wettkampfanalysen kamen zu dem Ergebnis, dass die Trainingseffekte auch die Wettkampfleistungen langfristig beeinflussen. Über die konkreten Fragestellungen des Forschungsprojektes hinaus konnten das theoretische Verständnis für sensomotorische Kontrollprozesse bei schnellen Bewegungen sowie methodologische Konsequenzen von langfristigen Evaluationsstudien erarbeitet werden. Ein Praxisteil mit Empfehlungen für die Planung von konkreten Trainingsinhalten schließt die Arbeit ab.

Intervention

Evaluation

Techniktraining

Tischtennis

Abstract:

In high level sports is the training of techniques an everyday event. Table tennis seems an appropriate game based on recent rule changes and developments in techniques, to evaluate how to improve technical training. The focus of this work lies on the training of techniques itself as well as the training of transitions between techniques. To test that a diagnostic (table tennis performance diagnostic for technique transitions) was developed and evaluated. The results from the diagnostic lead to conceptualize an intervention and its evaluation of techniques (phase 1) that was evaluated by inside-group and outside-group evaluators (phase 2). The experience with this intervention and evaluation was used in phase 3 to development trainings and evaluations for the transitions between techniques. The improved performance of the trainings group was superior to an evaluation group with the same training amount in respect of kinematical changes of the movements as well as with accuracy of the ball locations in respect to the assumed changes. Analyses of training competitions as well as videobased evaluations of short-term and long-term performances in real competitions demonstrated that these changes influence positively the overall performance. In addition to these results, the work helped to understand sensorimotor control processes of fast movements and methodological issues of long-term evaluation studies in high level sports. Finally consequences of this research were build in proposed training sessions.

Intervention

Evaluation

Training of Techniques

Table Tennis

Vorwort

Wer jemals mit dreidimensionalen Bewegungsanalysen gearbeitet hat, weiß, dass die Datenflut nicht alleine bewältigt werden kann. Dies gilt auch für diese Arbeit. Ich bin deshalb allen am Projekt beteiligten Personen sehr dankbar für ihre Mitarbeit, die zu diesem Endprodukt geführt hat. Daraus folgt, dass in diesem Buch von „Wir“ gesprochen wird. Ich möchte mich daher explizit bei allen Trainern (Inventoren), Evaluatoren (wissenschaftlichen Beratern) und Teilnehmern der Untersuchungen bedanken. Mein erster Dank geht an die jungen talentierten Tischtennisspielerinnen und Tischtennispieler und deren Eltern in den Vereinen, Landesstützpunkten und dem Bundesleistungszentrum in Heidelberg. Durch ihre Mitwirkung wurde dieses Projekt erst ermöglicht. Ich bedanke mich auch bei den Trainern und Funktionären des Deutschen Tischtennis Bundes und des Bundesstützpunktes in Heidelberg, die direkt oder indirekt diesem Projekt zum Erfolg verholfen haben. Insbesondere haben die Nationaltrainerin Eva Jeler und ihre Kollegen Schmidt und Lehmann allergrößten Respekt für ihren aufwendigen und nimmermüden Einsatz für ihre Schützlinge und die Durchführung des Projektes verdient. Ohne den Forschungsauftrag vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft 2000 und 2001 wäre dieses Projekt wohl kaum zustande gekommen. Wir danken dem Institut für sein Vertrauen und hoffen, dass dieses Projekt über die Zielsetzung hinaus Wirkungen vor allem in der Praxis zeigt. Weiterhin ist den Mitarbeitern des Centers of Adaptive Behavior and Cognition des Max-Planck Instituts für Bildungsforschung für die Möglichkeit zu danken, einige der Ideen zu diskutieren und mir die Zeit zu geben, dieses Buch zu schreiben. Im besonderen bin ich Prof. Tidow und Prof. Strang für ihr Engagement dankbar, die das Buch mehrfach durch ihre Anmerkungen verbessert und die Abwicklung einer Dissertation an der Humboldt Universität ermöglicht haben. Den Korrekturlesern Christian Gröschner, Bartosz Gula, Jutta Miller, Maren Leifke, Erdmute Raab und Marei Raab danke ich für die vielen Anregungen zum besseren Textverständnis.

Gliederung

1. Konzept „Mit der Praxis für die Praxis“	11
1.1 Forschung im Tischtennis	12
1.2 Technikanforderungsprofil im Tischtennis	12
1.3 Das Leitbild der Vorhand- und Rückhandschläge	13
1.4 Fragestellungen	15
1.5 Inhaltliche Voruntersuchung	16
1.6 Instrumentelle Voruntersuchung	17
2. Gruppen- und Einzelfalldiagnostik.....	20
2.1 Technikdiagnostik durch den TTLT	21
2.1.1 Hypothesenblock I: Technikoptimierung	21
2.1.2 Hypothesenblock II: Technikwechsel	22
2.2 Design für die Diagnostik	23
2.2.1 Unabhängige Variablen	23
2.2.2 Abhängige Variablen	24
2.2.3 Komponentenanalysen für die Technikoptimierung	26
2.3 Stichprobe	29
2.4 Durchführung der TTLT-Diagnostik für Technikmerkmale und Technikwechsel.....	30
2.5 Ergebnisse der TTLT-Diagnostik für Bewegungsmerkmale	31
2.5.1 Trefferleistungen	31
2.5.2 Bewegungsanalyse	40
2.6 Ergebnisse der TTLT-Diagnostik für Technikwechsel.....	82
2.6.1 Trefferleistungen	82
2.6.2 Bewegungswechsel	83
2.7 Diskussion der Diagnostik	83
3. Einzelfallintervention: „Best-practice-Modell“ für die Technikoptimierung	85
3.1 Videorückmeldung	86
3.2 Techniktraining in der Halle	87
3.3 Trainingskontrolle	90
3.3.1 Trainingsdokumentation	90
3.3.2 Videodokumentation	92
3.4 Trainingsauswertung	92
3.5 Leistungskontrolle im Wettkampf	93
3.6 Diskussion	94
4. Programmevaluation als Methode für das Techniktraining.....	95
4.1 Grundlagen der Programmevaluation	96
4.2 Rahmenkonzeption zur Programmevaluation von Interventionsprogrammen	99

4.3	Evaluation der Programmkonzeption.....	100
4.3.1	Problembestimmung und Entscheidung über den Bereich der Intervention.....	101
4.3.2	Zielbestimmung.....	102
4.3.3	Konzeption und Gestaltung des Programms.....	102
4.3.4	Auswahl geeigneter diagnostischer Methoden und Verfahren.....	102
4.3.5	Bewertung der Programmkonzeption.....	104
5.	Formative Evaluation.....	104
5.1	Durchführung der formativen Evaluation.....	104
5.2	Ergebnisse der formativen Evaluation.....	104
5.2.1	Tischtennisdiagnostik.....	105
5.2.2	Rückmeldung für das Training.....	107
5.2.3	Techniktraining in der Halle.....	108
5.2.4	Trainingsdokumentation.....	110
5.2.5	Leistungskontrolle im Wettkampf.....	111
5.2.6	Diskussion der formativen Evaluation.....	113
6.	Evaluation der Programmdurchführung.....	114
7.	Metaevaluation.....	115
8.	Intervention der Technikübergänge.....	115
8.1	Diagnostik von Technikübergängen.....	115
8.2	Rückmeldung von Technikübergängen.....	116
8.3	Training von Technikübergängen.....	116
8.4	Diagnostik nach den Interventionen.....	117
8.5	Leistungsverbesserungen der Technikoptimierung.....	118
8.5.1	Zentrale Tendenzen bei den Trefferleistungen.....	118
8.5.2	Zentrale Tendenzen bei den Bewegungsanalysen.....	122
8.5.3	Exemplarische Einzelfälle für Veränderungen der Bewegungsmerkmale.....	126
8.6	Leistungsverbesserungen bei dem Technikwechsel.....	130
8.6.1	Trefferleistungen.....	130
8.6.2	Vergleichende Einzelfallanalyse für die Technikübergänge.....	130
8.7	Interventionskontrolle.....	135
8.7.1	Wettkampfdiagnostik von Technikmerkmalen und Technikübergängen.....	135
8.7.2	Zusammenfassung der Effekte des Technikwechseltrainings.....	139
8.8	Summative Evaluation.....	139
8.8.1	Programmwirksamkeit.....	139
8.8.2	Programmeffizienz.....	141
9.	Schlussfolgerungen.....	144

9.1	Methodologische Konsequenzen	144
9.1.1	Unabhängige Inventoren und Evaluatoren	144
9.1.2	Vorerfahrungen in Intervention und Evaluation	145
9.1.3	Normative Zielsetzungen für Intervulationen	146
9.2	Theoretische Konsequenzen für die Steuerung von schnellen Bewegungen.....	146
9.3	Konsequenzen für die Praxis.....	148
9.3.1	Empfehlungen für die Diagnostik von Technikübergängen	148
9.3.2	Empfehlungen für das Training von Technikübergängen.....	149
9.4	Fazit.....	153

Einleitung

Der deutsche Tischtennissport hat in den letzten Jahrzehnten hervorragende Leistungen erbracht. Spieler wie Jörg Roszkopf, Steffen Fetzner (Speedy) oder Olga Nemes sind selbst nicht Tischtennis Interessierten ein Begriff. Nun steht ein Generationswechsel bevor; jüngere Spieler wie Timo Boll zeigen erste internationale Erfolge. Zum Generationswechsel kommen Änderungen der internationalen Regeln, wie beispielsweise größere Bälle und kürzere Sätze. Kürzere Sätze und größere Bälle erfordern technische und taktische Präzision von Anfang an. Diesen Veränderungen steht eine unzureichende wissenschaftliche Betreuung gegenüber. Diese Arbeit soll helfen, die Lücke zu schließen.

Ausgangspunkt dieser prozessbegleitenden Trainings- und Wettkampfforschung ist ein Praxisproblem. Bundestrainer im Leistungszentrum Heidelberg und dem angeschlossenen Internat rekrutieren die besten Nachwuchsspieler aus verschiedenen Bundesländern. Die Landes-, Stützpunkt- und Heimtrainer akzentuieren in ihrer Technikvermittlung unterschiedliche Auffassungen vom optimalen Technikleitbild. Die Unterschiede sind besonders gravierend bei den Technikübergängen, also den Bewegungsabschnitten zwischen zwei Schlägen, zu denen es zwei Auffassungen, die eines direkten und die eines indirekten Übergangs, gibt. Die Bundestrainer bekommen Spieler mit diesen Übergangstechniken und müssen entscheiden, ob sie umlernen lassen oder eine Optimierung innerhalb der existierenden Technik realisieren. Diese Entscheidung ist nicht nur deswegen schwierig, weil eine systematische Kosten-Nutzen-Analyse für langfristige Erfolge von vielen Faktoren abhängt, sondern weil kein Wissen für eine optimale Technikübergangssteuerung existiert. Die Analyse der Effekte und die Beschreibung der Technikübergänge sowie die Entwicklung einer Interventionsstrategie zur Optimierung der individuellen Ausprägungen der Techniken sowie des Technikübergangs sind die Ziele dieser Arbeit.

Das Forschungsprojekt „Techniktraining im Tischtennis“ dient der prozessbegleitenden Trainings- und Wettkampfforschung. Das Bundesinstitut für Sportwissenschaft vergab dieses Projekt als Forschungsauftrag und finanzierte es unter der Kennziffer VF0408/07/02/2000-2001. Dies bedeutet, dass der Deutsche Tischtennisbund, das Bundesleistungszentrum, der Bundesstützpunkt für Tischtennis sowie das Institut für Sport und Sportwissenschaft in Heidelberg sich durch die Annahme dieser Auftragsforschung durch die Problemvorgaben der Bundestrainer leiten ließen. Dadurch ergaben sich ganz zwangsläufig besondere Maßnahmen, die nicht dem theoriegestützten Ableiten von Hypothesen und deren Überprüfung entsprachen. Ziel des Projektes ist die Entwicklung, Anwendung und Überprüfung von Diagnostik- und Interventionsprogrammen für die Technikoptimierung sowie den Technikwechsel im Leistungssport Tischtennis. Im Konzept „Mit der Praxis für die Praxis“ (Raab & Bert, in Vorbereitung) werden Trainerbefragungen zu aktuellen Problemen benutzt, um geeignete Strategien einer Intervention zu entwickeln, umzusetzen und zu bewerten. Gerade die Bewertung kam in der bisherigen Interventionsforschung nur am Rande vor. Dieses Projekt wird der Intervention und der Evaluation gleiches Gewicht zumessen, um mit dem „Best-Practice-Modell“ ein prototypisches Beispiel für eine integrative Interventions- und Evaluationsstudie in der Sportwissenschaft zu bieten. Drei Projektphasen entsprechen diesem Anspruch und dienen der Systematik der prozessbegleitenden Trainings- und Wettkampfforschung (siehe Abbildung 1).

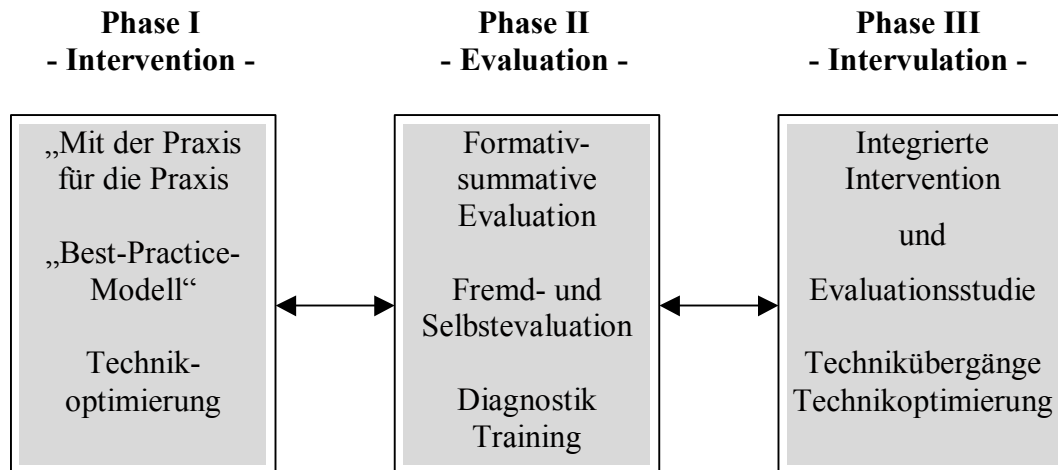


Abbildung 1: Projektphasen der Interventions- und Evaluationsstudie im Tischtennis

In Phase I wird die Intervention dargestellt, die als prozessbegleitende Trainings- und Wettkampfforschung konzipiert ist. In ihr werden auf der Grundlage des Konzeptes „Mit der Praxis für die Praxis“, das das Praxisproblem einer optimalen Technik im Tischtennis beschreibt (vgl. Ernst, 1994; Groß, 1987; Groß & Huber, 1995; Michalis & Sklorz, 1982; Perger, 1986), inhaltliche und instrumentelle Voruntersuchungen entworfen und durchgeführt (vgl. Abbildung 1). Außerdem werden die Technikdiagnostik, die Trainingsmethoden und die Wettkampfdiagnostik bei der Optimierung der Techniken angewendet. Phase II betrifft die Evaluation. In einer gemischt formativ-summativen Bewertung durch eine Selbst- und Fremdevaluation der einzelnen Phasen und Teilgebieten des Projektes werden die Ziel- und die Umsetzung des Projektes einer kritischen Analyse unterzogen. Dies dient vor allem dazu, bereits in der wichtigen Phase III Veränderungen der Technik-, Trainings- und Wettkampfdiagnostik und -intervention umzusetzen und zu optimieren. Innovativ wird in der dritten Phase der „Intervulation“ die enge Verzahnung von Interventions- und Evaluationsschritten beim Schwerpunkt des Projektes, der Diagnostik und dem Training der Technikübergänge realisiert. Die Intervulation ist eine eigene Wortschöpfung und bedeutet mehr als die Summe aus der Intervention und der Evaluation. Somit entspricht Intervulation nicht einfachen Kombinationen wie „Interluation“ oder „Evavention“. Vorgestellt werden die Maßnahmen zum Training sowie zur Wettkampf- und Technikdiagnostik. Die summative Evaluation bewertet die durchgeführte Diagnostik und Intervention und gibt praktische Empfehlungen für das Techniktraining im Tischtennis.

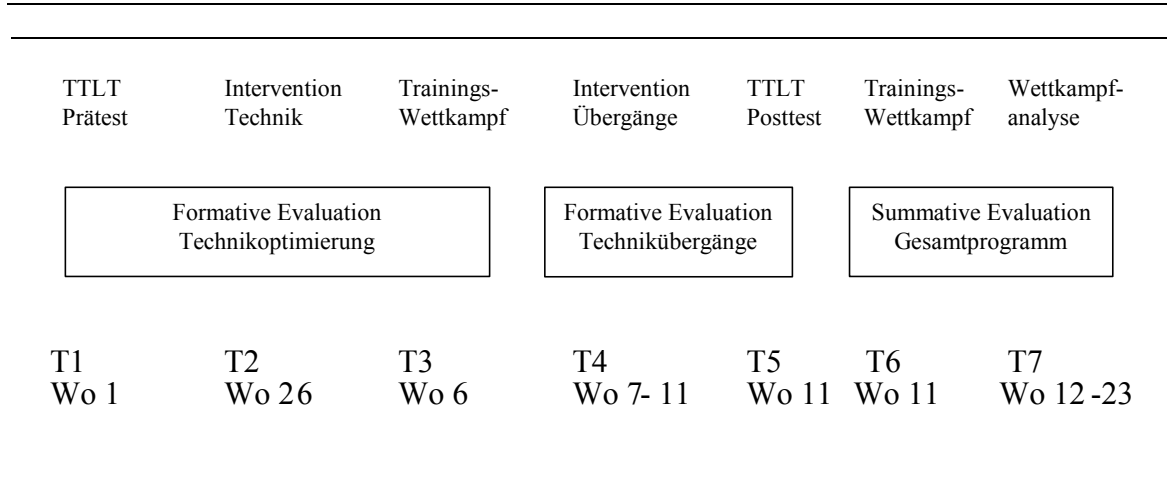


Abbildung 2: Zeitliche Struktur der Diagnostik, Intervention und Evaluation. TTLT = Tischtennis-Technikwechsel-Leistungsdagnostik-Test, Wo = Woche. T = Zeitpunkt in der Studie

Die Übersicht über die Diagnostik, Intervention und Evaluation entspricht in etwa der Kapitelstruktur. In Phase I werden nach den Voruntersuchungen (Kapitel 1) die Diagnostik im Allgemeinen sowie die Ergebnisse des Prätests des Tischtennis-Technikwechsel-Leistungsdagnostik-Tests (TTLT) sowohl für die Technikmerkmale als auch für den Technikwechsel (T1 in Abbildung 2) dargestellt (Kapitel 2). Die Einzelfallintervention für die Technikmerkmale (T2 in Abbildung 2) wird in Kapitel 3 vorgestellt. Phase II beschreibt die Programmevaluation (Kapitel 4), die formative Evaluation der Technikoptimierung (Kapitel 5), die Evaluation der Programmdurchführung (Kapitel 6) sowie die Metaevaluation (Kapitel 7) und zieht sich über den Zeitraum von T1 bis T3 der Abbildung 2 hin. In Phase III – der Intervulation – wird die Intervention der Technikübergänge mit anschließender summativer Evaluation dargestellt (Kapitel 8). Abschließend werden die Schlussfolgerungen der vorliegenden Arbeit (Kapitel 9) für den methodologischen Bereich, den theoretischen Bereich und für die Praxis diskutiert.

Phase I: Diagnostik und Intervention

1. Konzept „Mit der Praxis für die Praxis“

Das Konzept „Mit der Praxis für die Praxis“ beinhaltet die sich überschneidenden Bereiche der Problemfindung, der Problemspezifizierung und der Problemlösung. Alle Entscheidungen beginnen und enden in der Praxis. Das forschungsmethodische Vorgehen unterscheidet sich von bereits existierenden Vorgehensweisen wie beispielsweise „Von der Praxis über die Theorie und Empirie wieder zurück zur Praxis“ (vgl. Roth & Schipke, 1996, S. 161) insofern, als zu jeder Phase und für jede Phase des Projektes Trainer (Inventoren) und wissenschaftliche Berater (Evaluatoren) gemeinsame Projektplanungen und kritische Projektbewertungen realisieren. Die Art des Problems, die beteiligten Personen sowie die existierenden Rahmenbedingungen spezifizieren letztlich das methodische Vorgehen und werden im Folgenden vorgestellt.

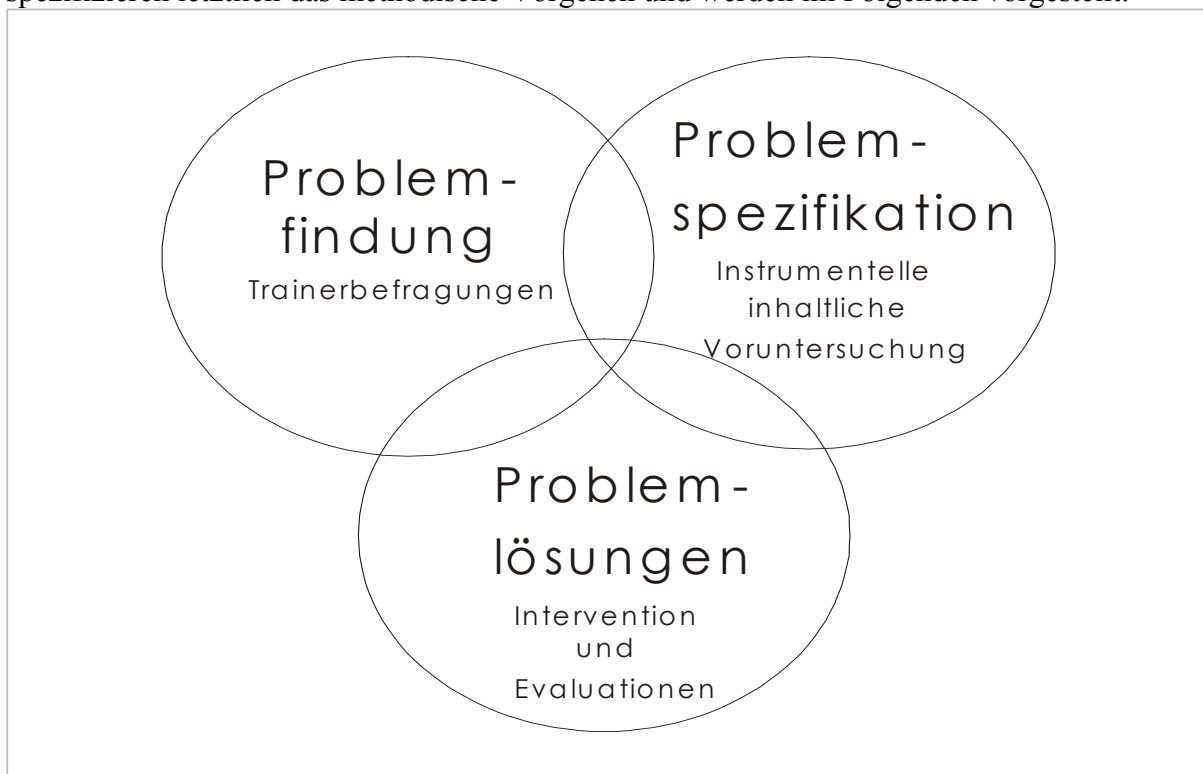


Abbildung 3: Konzept zur Problemfindung, -spezifikation und -lösung

Abbildung 3 zeigt das Konzept. Bei der Problemfindung werden die Bundestrainer oder andere in der Praxis tätige Personen aufgefordert, aktuelle Probleme zu benennen (vgl. Neumaier, De Marées & Seiler, 1997). In der Problemspezifikation werden für ein definiertes Problem die zentralen Rahmenbedingungen zusammen mit den Trainern gesammelt und systematisiert. Zur Problemlösung werden die Trainer gefragt, welche Personen-, Aufgaben- und Situationsfaktoren relevant sind, um das Problem zu lösen. Eine Expertengruppe setzt sich anschließend zusammen und sucht geeignete Strategien, um das Konzept in durchführbaren Arbeits- und Zeitplänen zu konkretisieren (vgl. Bert & Raab, 2003). Eine wichtige Komponente der Trainingssteuerung im Leistungssport sind individualisierte Trainingspläne (vgl. Hossner, Raab & Wollny, 1996). Deshalb wird das Konzept „Mit der Praxis für die Praxis“ neben gruppenstatistischen Bewertungen einer optimalen Technik auch effektive Optimierungsstrategien im Einzelfall festlegen (vgl. Groß, 1985; Schlicht, 1988).

Die Problemspezifikation für das Techniktraining im Tischtennis beinhaltet ebenfalls zwei wichtige Basissäulen. Zum einen werden in einer inhaltlichen Voruntersuchung die Einflussfaktoren der Technikwechseltechnik, die von Trainern angegeben werden, berücksichtigt, zum anderen werden für die anvisierte Leistungsdiagnostik in einer instrumentellen Voruntersuchung die möglichen methodischen Zugänge zur optimalen Analyse der Techniken und der Technikübergänge überprüft.

1.1 Forschung im Tischtennis

Die wissenschaftliche Begleitung von Interventionen im Tischtennis ist marginal. Zwar gibt es eine Reihe von Untersuchungen im Tischtennis, diese benutzen die Sportart Tischtennis jedoch eher aus messmethodischen Gründen. Dies liegt daran, dass Tischtennisbewegungen gut im Labor untersucht werden können und viele Wiederholungen in kurzer Zeit unter klar definierten räumlichen Bedingungen möglich sind. Beispielsweise wird Tischtennis in motorischen Lernexperimenten benutzt (Maurer, 2003; Roth, 1989, Sorensen, Ingvaldsen & Whiting, 2001; Szymanski, 1997, Wollny, 2002). Wegen der kurzen zeitlichen und räumlichen Anforderungen an das Wahrnehmungssystem benutzen viele Wahrnehmungspsychologen die Bewegungen im Tischtennis (Bootsma & van Wieringen, 1988; Bootsma, Houbiers, Whiting & van Wieringen, 1991). Weitere Studien benutzen Tischtennis, um prinzipielle Fragen ihrer Disziplin (Stand: 2003: 51 Einträge in der psychologischen Datenbank PsychInfo; 37 Einträge in der medizinischen Datenbank MedLine) oder spezifische Teilbereiche der Antizipation und Reaktion zu beantworten (Ernst, 1994; Ripoll, 1989; Ripoll & Fleurance, 1988).

Während Zeitschriften wie Leistungssport und sportspezifische Zeitschriften (Tischtennis, Table Tennis World, International Journal of Table Tennis Sciences) selten experimentell und theoriegeleitete anwendungsorientierte Forschungen präsentieren, sind nur wenige Studien bekannt, die sich mit der Analyse der Tischtennisbewegungen experimentell beschäftigen. Eine der wenigen Ausnahmen betrifft die Arbeiten um Tyldesley (1975, 1981) sowie die neueren Analysen von Kasai und Mori (1998) sowie Rodrigues, Vickers und Williams (2002). Beispielsweise zeigten Rodrigues, Vickers und Williams (2002) in einer kombinierten Analyse von Blickbewegungen und kinematischer Analysen, dass bei späterer Zielvorgabe im Vergleich zu früherer Zielvorgabe Bewegungsdauer und Schlaggeschwindigkeit reduziert werden können. Allerdings sind Aussagen über mögliche Optimierungsstrategien nicht direkt aus den genannten Arbeiten zu folgern. Diese wissenschaftlichen Untersuchungen sowie die Analyse der Veränderungen im DTTB Leitplan (1998, 2001) sind besonders relevant, da sie eine Idee über den Stand der Forschung und das angenommene Anforderungsprofil des Tischtennis vermitteln und zudem klare Sollwerte für die einzelnen Techniken ableitbar sind. Dies wird sowohl für die Diagnostik als auch für die Intervention (Rückmeldung von Fehlern, Korrektur) ein zentraler Anknüpfungspunkt von theoretischen Vorstellungen und der konkreten Umsetzung sein.

1.2 Technikanforderungsprofil im Tischtennis

Die Beschreibung des Techniktrainings folgt den klassischen Unterteilungen in Technikerwerbstraining (Neulernen), Technikanwendungstraining (stabilisieren, variieren) und dem technischen Ergänzungstraining (vgl. Martin, Carl & Lehnertz, 1991). Wir werden uns im Folgenden auf das Optimieren von bereits gelernten Techniken konzentrieren, wie in der Zielsetzung des Projektes festgelegt. Optimierung unterscheidet sich von Umlernprozessen dahingehend, dass die vorhandene Technik nur hinsichtlich ausgewählter Technikmerkmale verändert bzw. bei dem Training der Technikübergänge die Bewegung zwischen Techniken präzisiert wird (Panzer, Daus, Ehrig & Toews, 2001). Neue Techniken oder komplettes Umlernen der bereits erlernten Technikübergänge des direkten Übergangs oder des indirekten

Übergangs werden nicht realisiert. Die bereits beschriebene Phase I wird deshalb vor allem die Analyse einzelner Technikmerkmale (Ausholbewegung unter bzw. über Tischkantenniveau, Bewegungstrajektorie des Ellbogens) beinhalten, während in der Phase des Trainings von Technikübergängen beide Optimierungsziele (Bewegungsmerkmale und Technikübergänge) betrachtet werden müssen, um mögliche (unerwünschte) Nebeneffekte eines Technikübergangstrainings auf die Technikmerkmale abschätzen zu können.

1.3 Das Leitbild der Vorhand- und Rückhandschläge

Die Sollwertvorstellung von Techniken (Leitbild) im Tischtennis unterliegt Schwankungen und ist auch international keinesfalls einheitlich. Beispielsweise sind die Vorstellungen asiatischer oder europäischer Handhaltungen und Stellungen zum Ball sehr unterschiedlich. Auch die Diskussion (ähnlich dem Tennis) über die Vor- und Nachteile vieler Technikausprägungen (z. B. Umspielen der Rückhand) variiert. Zudem ist das Leitbild besonders im Hochleistungssport nicht als starre Richtlinie zu verstehen, sondern wird den individuellen Bedingungen des einzelnen Sportlers angepasst. In den folgenden Abbildungen sollen für eine Rahmenvorstellung die Soll-Werte des Vorhand-Topspins und Rückhand-Konters dargestellt werden. An diesen Sollvorgaben sowie entsprechenden Fehlerbildern orientiert sich der deutsche Tischtennisverband (vgl. DTTB, 2001).

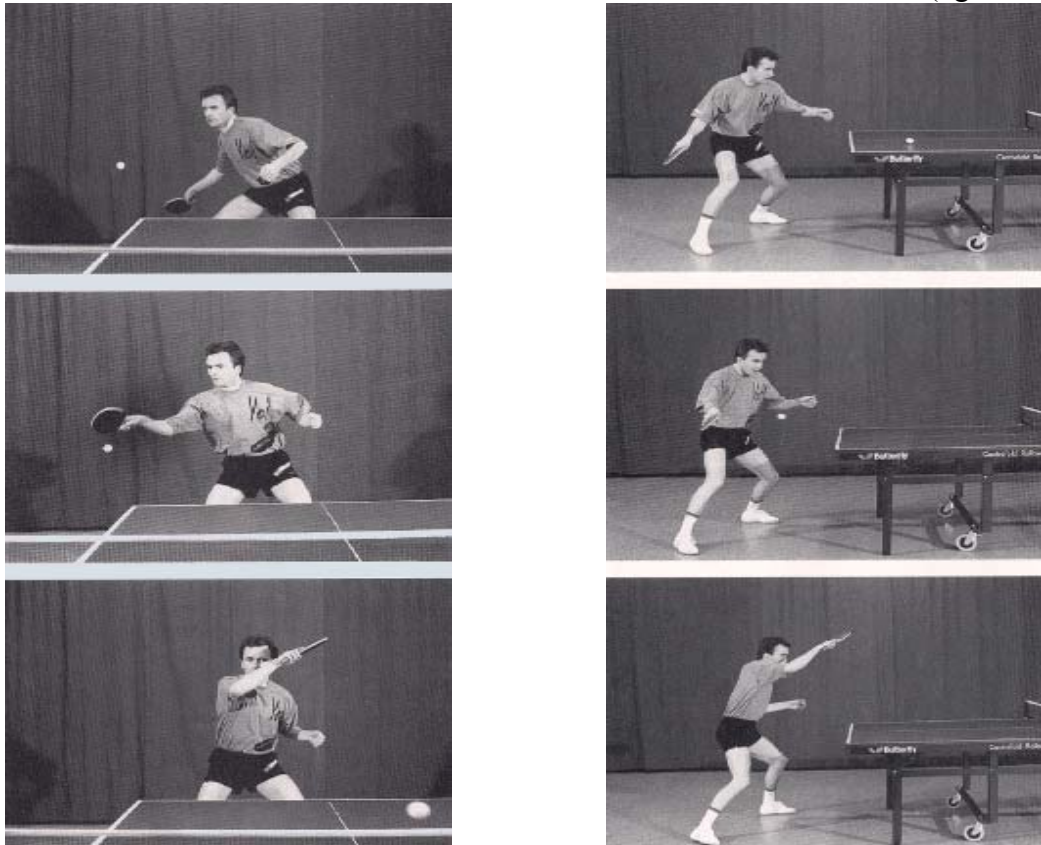


Abbildung 4: Vorhand-Topspin auf Überschnitt (Groß & Huber, 1995, S. 40 f.)

Typische Fehler sind:

- das Ausholen unter Tischniveau, wie es beim Topspin auf Unterschnitt erforderlich ist, kostet im vorliegenden Fall (auf Überschnitt) zu viel Zeit und bedeutet nicht genügend Horizontalgeschwindigkeit.

- Der Ellbogen ist zu nah am Körper, was meist die Ausholphase einschränkt. Nur der Unterarm kann eine Bewegung ausführen, der Oberarm wird nicht beteiligt. Dadurch wird die Unterarmbeschleunigung mit dem Ellbogen als Drehachse nicht optimal ausgenutzt
- Beim Ausholen ist der Schlagarm nicht ausreichend gestreckt. Dadurch ist ein aktiver Unterarmeinsatz in der Schlagphase kaum mehr möglich.
- Bei manchen Spielern verlässt der Ellbogen die Bewegungsebene (= Ebene, auf der sich alle Teile des Arms, also Oberarm, Unterarm und Hand bewegen), wodurch der Schlag ökonomische Einbußen hat und an Präzision verliert. Wenn der Arm während des Schlages auf einer Ebene bleibt, so bleibt der Neigungswinkel des Schlägers während des gesamten Bewegungsablaufs konstant, und der Spieler kann den Ball an verschiedenen Stellen der Schlagebene gleichermaßen kontrolliert treffen. Das gilt für die Schläge, bei denen sich der Neigungswinkel während der Bewegung nicht verändert, was für die Mehrheit der Schläge zutrifft.
- Das Verlassen der Schlagebene führt in einigen Fällen zur „Scheibenwischertechnik“ in der Frontalebene.
- Bei zu weiter Entfernung des Ellbogens vom Körper verliert der Schlag an Wirksamkeit und Kontrolle, da er mit fast oder ganz gestrecktem Arm ausgeführt wird.

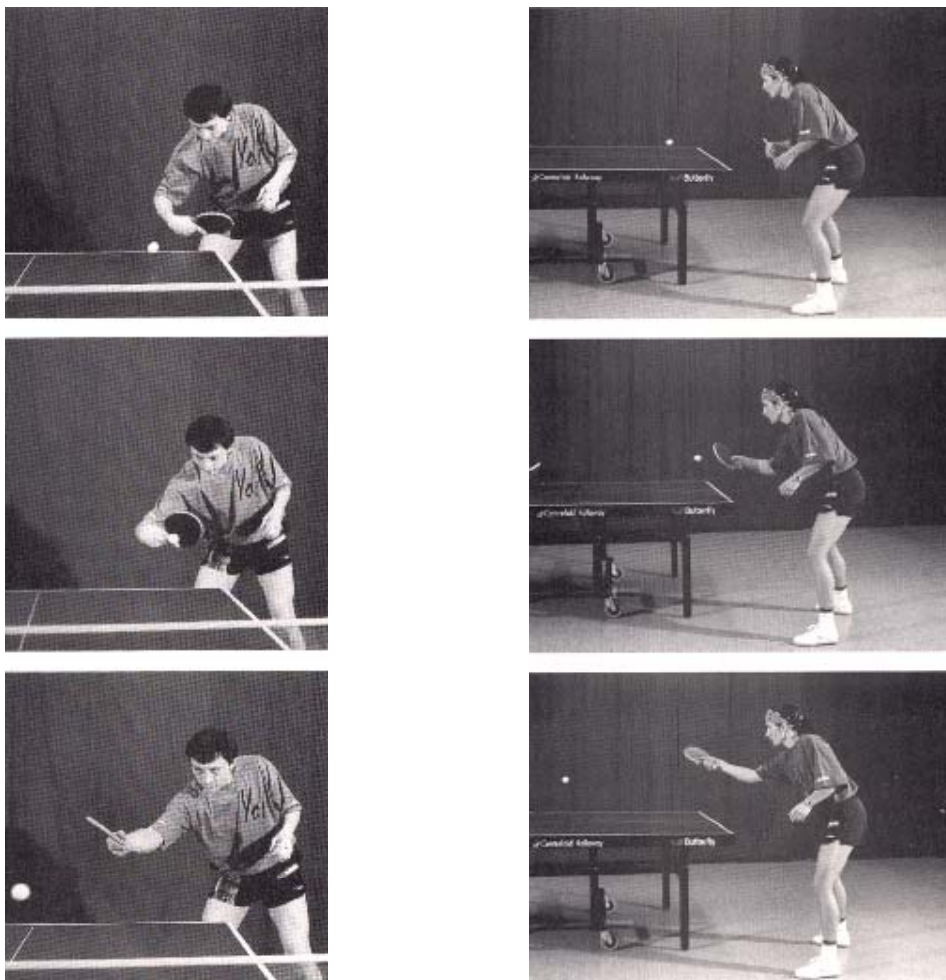


Abbildung 5: Technik des Rückhand-Konter (Groß & Huber, 1995, S. 92 f.)

Häufig auftretende technische Fehler des Rückhand-Konters sind:

- Hubbewegung aus den Beinen, was zum Verlassen der Grundstellung führt, in der die Beine gebeugt und der Oberkörper nach vorne gerichtet sein sollten.
- Der Ellbogen wird nicht als Drehpunkt verwendet und der Oberarm wird zu stark angehoben. Dadurch wird der Ball aus der ganzen Schulter heraus „gedrückt“ oder wird mit einer Art Stoßbewegung gespielt.
- Der Schlag wird mit steifem Handgelenk gespielt, was eine lockere und wirkungsvolle Schlagausführung unmöglich macht.

Zusammenfassend steht der geringen Anzahl von Forschungsarbeiten, die sich mit Schlaganalysen im Tischtennis beschäftigen, eine relativ klare Vorstellung gegenüber, welche Bewegungsknotenpunkte die entsprechende Technik enthalten sollte und welche Fehlerbewegungen zu vermeiden sind. Während dies für die Optimierung von Technikmerkmalen als zumindest erster Schritt positiv bewertbar ist, steht dem gegenüber, dass weder Analysen noch Leitbilder für den Bereich der Technikübergänge existieren.

1.4 Fragestellungen

Die Interventions- und Evaluationsstudie „Techniktraining im Tischtennis“ umfasst drei Ziele: die Bewertung einer Technik-Diagnostik, die Überprüfung individueller Trainingsmaßnahmen und die Verfolgung langfristiger Leistungsverbesserungen im Wettkampf. Das Bundesleistungszentrum im Tischtennis, der DTTB sowie die beteiligten National- und Landestrainer haben sich auf diese Fragestellungen geeinigt.

1. Wie kann die Diagnostik von Techniken für Trainer und Athleten optimiert werden?

Jeder Trainer im Tischtennis benutzt seine Diagnostikinstrumente, die zumeist Beobachtungen im Training sowie Videoanalysen des Trainings und des Wettkampfes umfassen. Relativ wenig Erfahrungen gab es bislang über die Verbindung von kinematischen Bewegungsanalysen und Trefferleistungen im Tischtennis, um Leistungen zu erfassen. Deshalb wurden auf der Grundlage von Voruntersuchungen Kennziffern für die Trefferleistungen sowie kinematische Daten über die Armbewegung innerhalb und zwischen den Techniken entwickelt (vgl. Bert, 2001). In Phase I, der Intervention, sollen die Rückmeldungen der Bewegungsfehler (Ist-Werte) bzw. der Soll-Werte graphisch und durch Videoszenen optimiert und individualisiert werden. Es geht also um die Optimierung einzelner Technikmerkmale. In Phase III, der Intervulation soll Auskunft darüber gegeben werden, welche der existierenden Technikwechselstrategien welche Auswirkungen auf die Trefferleistungen besitzen. Durch das langfristige Ziel und den Wunsch des Bundesinstituts für Sportwissenschaft sowie des Deutschen Tischtennis Verbandes zur langfristigen Entwicklung und zum Aufbau eines Messplatzes wurde dieser Arbeit demnach ein Pilotcharakter zugewiesen.

2. Führen die aus der Diagnostik abgeleiteten Trainingsmaßnahmen zur Technik- und Technikwechseloptimierung kurzfristig zu Verbesserungen?

Technikveränderungen führen kurzfristig oft zu Leistungseinbußen. Deshalb sind Veränderungen nur dann sinnvoll, wenn zumindest mittel- und langfristig bessere Leistungen prognostiziert werden können. Die geplanten Maßnahmen des Video- und Balltrainings können jedoch kurzfristig zu Leistungssteigerungen führen, da die Techniken selbst nicht umgestellt, sondern optimiert werden. Rückmeldungen beispielsweise über die Position des Ellbogens zwischen der Vorhand- und der Rückhandtechnik sind in die individuellen Trainingsmaßnahmen einzubauen. Die Effektivität dieser Maßnahmen ist am Ende des Techniktrainings zu erfassen.

3. Verbessern die Technikwechseloptimierungen langfristig die Leistung bei Wettkämpfen?

Die veränderten Technikwechsel müssen sich auch im Wettkampf leistungssteigernd auswirken. Ihre Analyse im Wettkampf ermöglicht die Beurteilung der Trainingsmaßnahmen

(Trainingsinhalte, -umfänge und entsprechende Zeitpunkte der Interventionen). Dazu ist es erforderlich, Leistungserfolge im Wettkampf auch auf Veränderungen im Bereich der Technikmerkmale und der Veränderungen im Bereich von Technikübergängen zurückzuführen.

1.5 Inhaltliche Voruntersuchung

Die inhaltliche Voruntersuchung spezifiziert das Problem der Technikübergänge durch eine Beschreibung verschiedener Einflussfaktoren. Da in der Literatur wenige Aussagen über Technikwechsel zu finden sind, bietet sich die Möglichkeit an, vom Wissen erfahrener Trainer zu profitieren. Um bei dieser Untersuchung die entsprechenden Faktoren zu berücksichtigen, haben wir bei der Europameisterschaft 2000 in Bremen 24 europäische Spitzentrainer im Tischtennis gefragt, ob differenzielle Aspekte des Spielers bzw. der Spielerin (Größe, Alter, Geschlecht, Händigkeit, Spieltyp) oder Situationsfaktoren (Art des Technikübergangs, Zeitpunkt des Technikübergangs in der Sequenz, Spieltempo) relevant sind.

Auf einer Skala von 1 bis 6 sollten die Trainer angeben, wie wichtig ihnen die einzelnen Faktoren bei der Frage nach einem optimalen Technikwechsel sind. Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse, die in Mittelwerten dargestellt sind:

Tabelle 1: Ergebnisse der Trainerbefragung bei Spitzentrainern in Europa zur Wichtigkeit von Faktoren, die den Technikwechsel beeinflussen (1 = sehr wichtig, 6 = unwichtig).

Einflussfaktor		Mittelwert
Größe		4,29
Alter		4,26
Geschlecht		5,23
Händigkeit	- des Spielers	5,23
	- des Gegners	5,38
Spielsystem	- des Spielers	5,23
	- des Gegners	5,38
Spielniveau	- Anfänger	3,50
	- Fortgeschrittene	4,00
Technikübergänge	- Vorhand-Schuss nach Vorhand-Topspin	3,23
	- Rh-Block nach Vorhand-Topspin	2,77
	- Vorhand-Topspin nach Vorhand-Schupf	3,49
	- Vorhand-Topspin nach Rückhand-Schupf	3,10
	- Vorhand-Topspin (umlaufende Rh) nach Rückhand-Schupf	3,14
Zeitpunkt des Technikübergangs		3,00
Anzahl der Technikübergänge		2,95
Spieltempo		2,29
Antizipation		2,50
Reaktion		2,65
Kreativität des Gegners		2,82

Wie aus der Tabelle ersichtlich, liegt der Schwerpunkt auf den Situationsfaktoren. Allerdings sind die von den Spitzentrainern als wichtig eingestuften Situationsfaktoren, wie Reaktion, nur schwer zu trainieren oder die Kreativität des Gegners nur schwer zu operationalisieren. Zudem sollte darauf aufmerksam gemacht werden, dass die Antizipation, im Sinne von Verarbeitung handlungsrelevanter Information der gegnerischen Stellung bzw. Bewegung mehr von den europäischen Spitzentrainern als zentral empfunden wird als von den Bundestrainern des Bundesstützpunktes in Heidelberg. Das unterschiedliche Leistungsniveau sowie andere Altersgruppen führen zu unterschiedlichen Zielsetzungen, die diese Unterschiede erklären können. Der wichtigste und trainierbare Situationsfaktor, das Spieltempo, wurde von den deutschen Bundestrainern als sehr relevant angesehen. Deshalb haben wir das Spieltempo bei der Diagnostik berücksichtigt. Allerdings liegt der Zeitpunkt der Befragung relativ nah an der Diskussion und der Veränderung der Regeln zur Ballgröße und der Verkürzung der Satzlänge. Es

ist nicht auszuschließen, dass die wichtige Bedeutung des Spieltempos durch die aktuelle Akzentuierung der Schlaggeschwindigkeit im Training durch die Einführung der größeren Bälle verursacht wurde. Die größeren Bälle fliegen langsamer und mit weniger Spin und müssen daher mit mehr Geschwindigkeit geschlagen werden.

1.6 Instrumentelle Voruntersuchung

Es gibt mehrere Möglichkeiten die wichtigsten Situationsfaktoren in einem Tischtenniswechsel-Leistungsdagnostik-Test zu manipulieren.

a) Spiel 1:1

b) Einspielen durch eine Ballmaschine

c) Einspielen durch einen Trainer

Im Folgenden möchten wir die Vor- und Nachteile gegeneinander abwägen. Dazu werden unter anderem die klassischen Hauptgütekriterien Objektivität, Reliabilität und Validität sowie Nützlichkeitskriterien auf die jeweiligen Möglichkeiten angewendet.

Ad a) Spiel 1:1

Ein Spieler oder Trainer fungiert als Ballverteiler und erhält Instruktionen über Geschwindigkeit, Rotation und Platzierung der Bälle, die der Ballverteiler spielen soll. Im Spiel 1:1 werden die Bälle stark variieren, da sie nicht immer vom gleichen Standort gespielt und somit in einem anderen Winkel geschlagen werden. Da jeder Schlag (außer dem Aufschlag) vom vorhergehenden abhängt, wird es dem rückschlagenden Spieler auch nicht immer möglich sein, die Bälle mit der geplanten Geschwindigkeit und Rotation genau zu platzieren (vgl. Michaelis & Sklorz, 1982). Außerdem ist der Einfluss des Zuspielers zu groß, als dass die situativen Umweltfaktoren konstant gehalten werden könnten. Die Reliabilität dieser Vorgehensweise ist fraglich, da zu den zufälligen Einflussgrößen, die die Untersuchungsperson betreffen, die des Spielpartners bzw. Ballverteilers hinzukommen. Die Messgenauigkeit kann von solchen Variablen stark beeinträchtigt werden. Der Test wäre nur ungenau reproduzierbar. Der Vorteil besteht in der Spielnähe und damit auch in der externen Validität.

Ad b) Einspielen durch eine Ballmaschine

Die Ballmaschine (oder der „Roboter“) ermöglicht ein identisches Einspielen für alle Spieler, wodurch die Bedingungen konstant gehalten werden können und ein hoher Grad an Objektivität erreicht werden kann. Auch die Zuverlässigkeit ist im Vergleich zur Möglichkeit des Spiels 1:1 höher, da mit einer Ballmaschine der Test vergleichsweise genau reproduzierbar wäre. Der Nachteil ist jedoch, abgesehen vom Materialaufwand, die mangelnde Antizipationsmöglichkeit für den Spieler. Der Ball wird aus einer kleinen Öffnung „urplötzlich“ herausgeschossen mit einer Rotation, die technisch, also nicht mit Schläger und Belag erzeugt wird. Das ist auch ein Grund dafür, dass die Ballmaschine im Leistungstraining nur selten eingesetzt wird. Hinzu kommt die Handhabung, da für jede Variation das Gerät neu eingestellt werden muss. Auf jeden Fall entspricht das Einspielen der Bälle durch eine Ballmaschine nicht der Spielpraxis. Damit stellt sich die Frage, ob das Kriterium „Technikwechsel“ repräsentativ erfasst werden kann. Die externe Validität dieser Möglichkeit wird deshalb geringer eingeschätzt als die des Spiels 1:1.

Ad c) Einspielen durch einen Trainer

Das Einspielen durch den Trainer wird in der Methodik „Balleimertraining“ oder engl. „Many Balls Training“ genannt. „Ziel ist immer eine spielnahe Ballflugkurve, die einen realitätsnahen Rückschlag des Spielers ermöglicht“ (DTTB 1998, S. 4). Das ist bei einem erfahrenen Trainer in jedem Fall gewährleistet. Zudem kann das Einspielen ohne Aufwand variiert werden. Die Fehlerquote ist bei guten Trainern minimal. Da sie aufgrund ihrer Erfahrung die Bälle konstant und äußerst genau einspielen können, kann man auch hier von einem hohen Grad an Reliabilität ausgehen. Zu bedenken ist jedoch, dass im Allgemeinen mit steigender Anzahl der Versuche die

Reliabilität zunimmt, die Konzentration der Trainer im Laufe des Tests aber abnimmt, worunter die Präzision des Einspiels leidet. Deshalb sollte auf eine angemessene Testlänge und entsprechende Pausen geachtet werden. Im Hinblick auf die Validität kann diese Möglichkeit als Mittelweg bezeichnet werden, da sie zwar weniger repräsentativ für den Technikübergang ist als das beschriebene Spiel 1:1, aber doch eher geeignet ist als die Möglichkeit „Roboter“, bei der die Ballflugkurven technisch erzeugt werden.

Das Einspielen durch den Trainer ist für die Technikwechseldiagnostik am ehesten geeignet. Der Genauigkeit des Zuspiels wird vor der Spielnähe der Vorzug gegeben. Mögliche Reduktionen der ökologischen Validität im Test sollen durch Vergleiche mit Leistungen aus Wettkampfanalysen kompensiert werden (vgl. Tyldesley, 1975). Der Trainer erhält als Vorgabe verschiedene Sequenzen, die er einspielen soll. Die Geschwindigkeit wird über die Einspielfrequenz variiert, wobei ein Metronom sicher stellt, dass die Geschwindigkeit nur mit Absicht verändert wird. Vor Spielbeginn werden die beiden Frequenzen festgelegt, die einem hohen Spieltempo beziehungsweise einem normalen Trainings- und Spieltempo entsprechen.

Die Antizipation ist nur sehr schwer zu überprüfen. Die hier gewählte Möglichkeit entspricht nur der Form der Antizipation, die zur Vorhersage der Platzierung der gegnerischen Schläge benutzt wird. Wenn nämlich der Spieler die Vorinformation erhält, wie die Verteilung der Rückhand- und Vorhand-Bälle innerhalb der Sequenz aussieht, weiß er zu einem Zeitpunkt genau, welcher Ball als nächstes gespielt wird. Erhält er zum Beispiel die Information, dass von den fünf gespielten Bällen immer zwei auf die Rückhand-Seite gespielt werden, weiß er nach dem zweiten Rückhand-Ball, dass der nächste Ball mit Sicherheit ein Vorhand-Ball sein wird. Umgekehrt weiß er nach dem dritten Vorhand-Ball, dass der nächste Ball ein Rückhand-Schlag sein wird.

Die Antizipation im Tischtennis beruht auf Erfahrung. Ein erfahrener Spieler klammert bestimmte Möglichkeiten des Gegners aufgrund geringer Wahrscheinlichkeit aus und verringert somit die Komplexität der Spielsituation. Mit Variationen zwischen systematischen und zufälligen Sequenzen kann eine Aussage darüber gemacht werden, ob die Vorinformation überhaupt relevant ist. Wenn der Spieler alle Sequenzen gleich gut beantwortet, ob er nun weiß, wohin der Ball gespielt wird oder nicht, müssen diese Aspekte nicht genauer untersucht werden.

Laut Bundestrainerin Jeler werden Schläge entweder nach der Platzierung, nach der Geschwindigkeit (zum Beispiel Konter und Schuss) oder nach der Rotation (zum Beispiel Topspin) bewertet. Es wird aber auch auf eine dem Technikleitbild möglichst ähnliche Bewegung geachtet. Um bei der Untersuchung zwischen besseren und schlechteren Schlägen zu unterscheiden und einen Anhaltspunkt dafür zu erhalten, wie gut die Schläge sind, bekommt der Spieler die Aufgabe, alle Bälle in ein Zielfeld zu schlagen. Die Treffer werden mit einer Videokamera aufgenommen und anschließend ausgewertet. Aufschlussreich ist nicht nur die absolute Trefferzahl, sondern auch die Streuung und der konstante Fehler, weshalb es sinnvoll ist, eine Art Zielscheibe (konzentrische Kreise oder Rechtecke) anzugeben, anhand derer erkannt wird, in welche Richtung der Balltreffpunkt variiert. Auch Aussagen über die Bewegung und vor allem über die Technikübergänge können anhand der Videoaufzeichnung gemacht werden. Die Software „SIMI-Motion“ (www.simi.com, SIMI Reality Motion Systems) bietet entsprechende Möglichkeiten. Damit eine dreidimensionale Analyse gewährleistet ist, wird die Bewegung mit zwei herkömmlichen Videokameras aufgezeichnet, zusammen mit einem Video-Overlay-Board (FAST Screen Machine) verarbeitet und das Videosignal (S-VHS) direkt zum Computermonitor weitergeleitet. Die Verarbeitung der Bildfrequenz vom Standardvideo (25 Bilder/s bzw. 50 Halbbilder) erfolgt automatisch. SIMI-Motion greift auf digitale Kopien (MJPEG-Dateien) des Materials auf einer Festplatte zu. Die aufgenommene Bewegungssequenz wird in Einzelbildschritten abgetastet. Drei Optionen stehen bei der Verarbeitung von Videomaterial zur Verfügung. Die im Bewegungsmodell festgelegten Bildpunkte werden im einzelnen Videostandbild per Mausklick erfasst und eine Strichfigur in das Videobild gezeichnet, die zur

Kontrolle und Orientierung dient. Unter Laborbedingungen übernimmt SIMI-Motion die Analyse durch eine automatische Punktverfolgung. SIMI-Motion erstellt aus den Daten der Videoerfassung einen neuen Datensatz. Die Bildschirmkoordinaten der erfassten Bildpunkte aus verschiedenen Kameraansichten und die Koordinaten des Kalibrierungsobjektes werden zusammengeführt und es entsteht eine virtuelle Bewegung im zweidimensionalen (x/y) oder dreidimensionalen (x/y/z) Raum. Die Dokumentation der analysierten Daten (Bewegungsparameter wie Strecken, Winkelveränderungen, Geschwindigkeiten) sowie deren graphische Weiterverarbeitung (Strichmännchen, Zeitverläufe, dreidimensionale Darstellungen) erfolgt in einem zweiten Auswertungsschritt.

Eine Voruntersuchung der konzipierten Technikdiagnostik mit zwei C-Kader-Athleten ergab, dass der Test reliable und objektive Ergebnisse produziert (vgl. Bert, 2001). Die Objektivität bei der Durchführung wurde durch vorher festgelegte Instruktionen sowie konstante Testbedingungen gewährleistet und die Objektivität in der Auswertung durch Doppel-Digitalisierungen der Videobilder realisiert. Reliabilitäten konnten durch Split-Half-Analysen der Treffergenauigkeit als sehr gut bewertet werden (vgl. Bert, 2001).

2. Gruppen- und Einzelfalldiagnostik

Die Einzelfalldiagnostik und die Einzelfallintervention beruhen auf drei Säulen: auf einem gemeinsamen Diagnostik- und Interventionskonzept, auf der individuellen Gestaltung der Intervention durch die erhobenen individuellen diagnostischen Kennwerte und auf einer vergleichenden Analyse von Leistungspaaren, um Unterschiede in der Leistung auf Bewegungsunterschiede zurückführen zu können. Es ist wegen der Fülle von einzelnen Daten nicht sinnvoll, jeden Einzelfall im Detail darzustellen. Allerdings ist auf Mittelwertdarstellungen nicht zu verzichten, um einen generellen Trend in der Entwicklung oder in Gruppenunterschieden interpretieren zu können. Die Kombination individueller Darstellungen, der Präsentation von Paarvergleichen sowie mittelwertstatistischer Gruppenvergleiche ist für dieses Projekt so wichtig, da es als Pilotprojekt für weiteres Messplatztraining gelten soll. Deshalb sind zusätzlich generelle Analysemöglichkeiten in Diagnostik und Intervention zu prüfen. Da bei der zweiten praktischen Zielsetzung (der individuellen Rückmeldung) ein durchschnittlicher Wert über eine Gruppe nur einen Orientierungsrahmen bieten kann, dessen zentrale Tendenz (z. B. Mittelwert) nicht viel darüber aussagt, wie sich ein Spieler in der spezifischen Situation verhält noch an welchen Stellen die Intervention ansetzen soll, müssen Einzelfälle und zentrale Tendenzen miteinander verglichen werden. Die methodische Diskussion von Vor- und Nachteilen von Einzelfallanalysen oder Gruppenmittelwertsvergleichen wird hier nicht wiederholt. Es sei darauf hingewiesen, dass intra- und interindividueller Varianz eine zentrale Bedeutung (vgl. Kapitel 10, für eine Diskussion dieser Herangehensweisen im Hinblick auf Motorik) zugemessen wird (Ashby, Maddox & Lee, 1994; Maddox, 1999, für eine allgemeine Diskussion). Eine mittlerweile etablierte Methode zum Vergleich individueller und gruppenstatistisch bezogener Kennwerte kann durch den Multi-Level-Modeling-Ansatz realisiert werden (vgl. Goldstein, 1995). Die Grundidee beinhaltet eine Varianz-Kovarianz-Matrix in einem statistischen Modell, das sowohl die Korrelationen zwischen Personen als auch zwischen relevanten Variablen und somit eine Abschätzung der Repräsentation von individuellen Werten durch zentrale Tendenzen zulässt. Inwieweit die einzelfallanalytische Betrachtung mit Kenntnis der spezifischen Einflussfaktoren wiederum das durchschnittliche Verhalten ergeben und damit Möglichkeiten einer Generalisierung auch über die verwendete Stichprobe hinaus liefern kann, bleibt weiterer Forschung vorbehalten (Langford, Marris, McDonald, Goldstein, Rasbash & O'Riordan, 1999; Marris, Langford, Saunderson, & O'Riordan, 1997, für entsprechende Vorgehensweisen).

Zusammenfassend wird der Schwerpunkt auf die individuellen Analysen gelegt, da besonders auf dieser Ebene geeignete praxisrelevante Rückmeldungen für Trainer und Spieler gewährleistet werden können. Deshalb wird auf Einzelfallanalysen zurückgegriffen, die dann den mittleren Leistungen der Stichprobe gegenübergestellt werden. Bei der Bewegungsanalyse werden von den Bundestrainern vorgeschlagene Leistungspaare verglichen, um die Konsequenzen von Rückmeldungen und Interventionsmaßnahmen auf die Bewegungs- und Trefferleistung aufzuzeigen. Bryan (1987) argumentiert, dass ein Unterschied zwischen experimentellen Untersuchungen und Evaluationsstudien im Bereich der angewandten Sportwissenschaft das Problem der Leistungsbemessung ist. Während experimentelle Designs über Signifikanztests und Effektstärken zumeist Gruppenstatistiken bewerten, steht für den Trainer und Sportler die individuelle Leistungsbewertung im Vordergrund, die klein (und oft auch nicht signifikant in experimentellen Settings) aber bedeutend ist z. B. als Verbesserung, um Qualifikationsnormen oder einen höheren Rangplatz zu erreichen. Unter Umständen bestimmen kleine Veränderungen mit, ob eine Medaille erreicht wird bzw. welche Farbe diese Medaille hat. Die methodologische Diskussion darf jedoch nicht darauf beschränkt werden, dass prinzipiell Evaluationen im Einzelfall durchgeführt werden müssen und dass im Hochleistungssport diese Art der

Leistungsbemessung das Primat hat. Auch anders herum ist es nicht so, dass bspw. in der Erforschung von Interventionsprogrammen des Techniktrainings nur das fast ausschließlich wahrzunehmende Gruppendesign sein Primat zu Recht besitzt. Wollman (1986) hat bereits vor Jahrzehnten erkannt, dass Einzelfallanalysen und Gruppenbetrachtungen beide alleine ihre Berechtigungen bei Betrachtung des jeweiligen Forschungsinteresses besitzen. Neben den eben zitierten Argumenten für und wider die eine bzw. die alleinige Betrachtung der individuellen bzw. gruppenstatistischen Ebene ist diese Diskussion auch im Sport in der methodischen Entwicklung von Versuchsplänen übernommen worden. Beispielsweise sind klassische einzelfallanalytische Versuchspläne (A-B-A-B-Design und multiple Baseline-Designs, vgl. Bryan, 1987) im Fußball, Turnen und Tennis (Allison & Ayllon, 1980) oder Schwimmen (Koop & Martin, 1983) zu finden. Die Kombination verschiedener einzelfallanalytischer Versuchspläne (vgl. Komaki & Barnett, 1977) oder die Kombination gruppenstatistischer und einzelfallanalytischer Analyseebenen ist mittlerweile für viele Forschungsfragen notwendig (vgl. Dowrick & Dove, 1980; Raab & Johnson, in Druck) und auch für die Bewertung vergleichender Interventionsprogramme durchgeführt worden (Christensen, 1985).

2.1 Technikdiagnostik durch den TTLT

In der Technikdiagnostik wird die Beschreibung von Ist- und Sollwerten sowie deren Rückmeldung optimiert (vgl. Kapitel 1.1). Auf der Grundlage der inhaltlichen Voruntersuchungen wird das quasi-experimentelle Design dargestellt, wobei die instrumentellen Voruntersuchungen die Gestaltung der Testsituation bestimmen. Die Ergebnisse der Diagnostik werden am exemplarischen Einzelfall und an vergleichenden Einzelfallanalysen systematisch überprüft.

Die Hypothesen, die in der Diagnostik überprüft werden, sind für die mögliche Umsetzung eines Messplatzes konzipiert. Da bereits in Voruntersuchungen (vgl. Bert, 2001) die Gütekriterien des TTLT geprüft wurden, sind jetzt nur noch die Analysen relevant, die sich auf die Auswahl von Stufen der gewählten Faktoren beziehen. Die Grundstruktur bezieht sich auf die Trennung von Hypothesen zur Technikoptimierung (Hypothesenblock I) und zur Optimierung von Technikübergängen (Hypothesenblock II). Die Unterstruktur in den Hypothesenblöcken bezieht sich auf Hypothesen zu den Trefferleistungen (Hypothesen 1), den Bewegungen (Hypothesen 2) und dem Zusammenhang zwischen Treffern und Bewegungen (Hypothesen 3).

Die Hypothesen zu den Trefferleistungen dienen vor allem der Überprüfung der spezifischen Diagnostik und haben keinen innovativen theoretischen Erklärungswert. Sie dienen auch dem Vergleich mit bereits existierenden absoluten Leistungskennziffern (vgl. Diskussion in Rodrigues, Vickers & Williams, 2002). Die Hypothesen zu den Bewegungstrajektorien ermöglichen die Prüfung einiger ungeprüfter Annahmen in den Leitbildern, die sich auf die Nachteile von Varianz beziehen. Die interessanteste Hypothesengruppe beschreibt die Annahmen über den Zusammenhang zwischen Treffern und Bewegungen. Diese Analysen können langfristig auch dazu dienen, eine Unterteilung in Fehler oder Variationen von Bewegungen zu spezifizieren. Hypothesen und Diagnostik für die zwei Interventionen (Technikoptimierung und Technikwechsel) werden hier im Überblick dargestellt, auch wenn sich die Intervention (Kapitel 3) zunächst nur auf die Technikmerkmale konzentriert.

Die Hypothesen, die sich auf den Erfolg der Intervention (z. B. Lernen, Vergleiche zwischen Interventions- und Evaluationsstichprobe) beziehen, werden erst in Kapitel 3 beschrieben.

2.1.1 Hypothesenblock I: Technikoptimierung

a) Treffer

H1a: Je höher die Frequenz der Schläge, desto schlechter sind die Trefferleistungen.

Die Hypothese ist durch die Annahmen der Spitzentrainer motiviert, die der Geschwindigkeit einen wichtigen Stellenwert für die Übergänge zumessen. Dies wurde bislang nur für einzelne Techniken überprüft (Xiaopeng, 1998).

H1b: Wenn keine Vorinformationen über die Reihenfolge der Schläge existiert, werden schlechtere Trefferleistungen erzielt, als wenn Vorinformationen über die Reihenfolge der Schläge vorhanden sind.

Dieser Effekt ist bislang nur einmal hinsichtlich der Effektivität der Trainingsgestaltung bestätigt worden, nicht aber innerhalb der Sequenzorganisation von Techniksschlägen (vgl. Zeng, 1990).

b) Bewegungsmerkmale

H2a: Je höher die Geschwindigkeit der Sequenz desto mehr Komponenten sind zur Erklärung der Bewegungstrajektorien notwendig.

Komponenten von Bewegungen sind dreidimensionale Teilmerkmale, die die Güte der Bewegung beschreiben können (vgl. Post, Daffertshofer & Beek, 2000). Dementsprechend ist bei Geschwindigkeitserhöhungen eine höhere, nicht zusammenhängende Varianz innerhalb von Bewegungen zu erwarten.

H2b: Je mehr Vorinformation desto weniger Komponenten sind zur Erklärung der Bewegungstrajektorien notwendig.

Wie bei Hypothese 2a argumentiert, sind fehlende Informationen zur Vorstrukturierung von Bewegungen in der Anzahl der Komponenten wiederzufinden.

c) Hypothesen zum Zusammenhang zwischen Bewegungsmerkmalen und Trefferleistungen

H3a: Bewegungen, deren Ausholbewegung unter dem Tischtennistisch beginnt, führen zu schlechteren Trefferleistungen als Bewegungen, deren Ausholbewegung auf Höhe des Tisches oder über dem Tisch beginnt.

Diese Hypothese ist durch das Leitbild einer Ausholbewegung auf bzw. über Tischkantenhöhe motiviert (vgl. Kapitel 1.3).

H3b: Bewegungstrajektorien mit geringerer Varianz innerhalb einer Sequenz führen zu besseren Trefferleistungen als Bewegungen mit höherer Varianz.

Die Annahme, dass geringe Variabilität in der Bewegung und ein fester Ausgangspunkt (vgl. Hypothese 3a) zu besseren Treffern führen, ist im Tischtennis bereits für einzelne Schläge in den Leitbildern formuliert, jedoch empirisch nicht bestätigt worden (vgl. Bootsma et al., 1991) und soll hier für diese Leistungsgruppe und die spezifischen Sequenzmanipulationen erneut überprüft werden.

H3c: Bewegungen, bei denen der Ellbogen sich angemessen weit vom Körper entfernt, führen zu besseren Trefferleistungen als Bewegungen, in denen sich der Ellbogen nicht angemessen weit vom Körper entfernt. Diese Annahme entsteht aus dem Leitbild und ist nicht spezifisch hinsichtlich der genauen Angaben eines Abstandes. Es gibt einige Arbeiten, die sich auf die biomechanische Analyse von einzelnen Schlägen beziehen (Barchukova & Voronov, 1998), die nahe legen, dass Bewegungen einen optimalen Kraftstoß bei Angriffsschlägen nur in bestimmten Winkelstellungen des Unterarms erreichen können. Dies ist allerdings nicht für Sequenzen von Bewegungen im Tischtennis untersucht worden.

2.1.2 Hypothesenblock II: Technikwechsel

a) Treffer

H1a: Je mehr Technikwechsel in einer Sequenz von Schlägen vorkommen, um so schlechtere Trefferleistungen werden erwartet.

Dies wird sowohl von den Bundestrainern angenommen als auch von der Bewegungslehre unterstützt, nach der die Genauigkeit der Bewegung mit der Anzahl der Freiheitsgrade innerhalb und zwischen Bewegungen abnimmt.

H1b: Die Position des Technikwechsels innerhalb der Sequenz hat keinen Effekt auf die Trefferleistung.

Diese Hypothese wird durch die mittlere Bedeutung des Positionseffektes in der Befragung der Spitzentrainer für den Technikwechsel motiviert. Innerhalb der Sequenz sind keine Unterschiede in der Trefferleistung anzunehmen, wenn ein Technikwechsel am Anfang oder Ende der Schlagreihenfolge erfolgt. Es wird erwartet, dass bei allen Übergängen die Trefferleistung nur durch die Anzahl der Übergänge beeinflusst wird.

b) Bewegungen

H2a: Je mehr Technikwechsel innerhalb einer Sequenz von Schlägen, desto mehr Komponenten sind zur Erklärung der Bewegungstrajektorien notwendig.

Diese Hypothese ist motiviert durch Arbeiten von Post, Daffertshofer und Beek (2000), die weniger Komponenten der Bewegung über den Lernverlauf beim Jonglieren gefunden haben. Dies wurde jedoch noch nicht im Tischtennis überprüft. Dies gilt für den Technikwechsel als auch für die weiteren Hypothesen zur Geschwindigkeit und der Menge an Vorinformation.

c) Hypothesen zum Zusammenhang zwischen Bewegungswechseln und Trefferleistungen

H3a: Je mehr die Bewegung durch eine Neutralstellung geführt wird (Absinken des Handgelenks) umso schlechtere Trefferleistungen werden erzielt.

Diese Hypothese ist generiert durch die unterschiedlichen Meinungen einer optimalen Übergangstechnik und ist so formuliert, wie sie die Mehrzahl der Bundestrainer am Bundesstützpunkt erwartet.

H3b: Je mehr eine Bewegungstrajektorie Zwischenbewegungen (Knick) von der Vorhand zur Rückhand oder Rückhand zur Vorhand enthält, desto schlechter sind die Trefferleistungen.

Diese Hypothese entspricht ebenfalls der Vorstellung der Bundestrainer, dass direkte Übergänge von einer Technik in die andere Technik zu besseren Leistungen führen.

2.2 Design für die Diagnostik

2.2.1 Unabhängige Variablen

Wir haben ein 4x2x2-Design (Technikwechsel x Geschwindigkeit x Grad der Vorinformation) aufgrund der Voruntersuchungen und Absprachen mit den Bundestrainern für die Untersuchung gewählt:

- Faktor 1: Technikwechselstruktur: Die Anzahl der Technikwechsel (1-4) und der Zeitpunkt der Technikwechsel (Position 2-4) in einer Sequenz werden systematisch variiert (vgl. Tabelle 2).
- Faktor 2: Aufgabenbedingung: Die Geschwindigkeit der Sequenz wird durch zwei vorgegebene Frequenzen (normale und hohe Wettkampfgeschwindigkeit) manipuliert.
- Faktor 3: Situationsbedingung: Die Vorinformation über die Sequenz wird durch Sequenzen mit und ohne Vorinformation über die zu spielende Reihenfolge von Vorhand- und Rückhandschlägen manipuliert.

Die Spieler sollen im Hinblick auf die Qualität ihrer Techniken und ihrer Technikwechsel untersucht werden. Für die allgemeine Praxis und für die meisten Spieler ist der Wechsel zwischen Angriffstechniken in Vorhand und Rückhand am häufigsten. Der Wechsel zwischen Angriffs- und Abwehrtechnik ist zu vernachlässigen, da er nur wenige Spieler betrifft und im Spiel ebenfalls nur einen geringen Prozentsatz ausmacht (vgl. Bert, 2001; Zhang & Hohmann, 2002). Sinnvoll ist daher, die Spieler verschiedene Sequenzen spielen zu lassen, in denen Vorhand- und Rückhandschläge vorkommen.

Bei der Auswahl der Sequenzen haben wir mehrere Aspekte berücksichtigt. Eine Sequenzlänge entspricht in etwa der Länge eines durchschnittlichen Ballwechsels. In Trainingssituationen am Balleimer werden häufig Sequenzen von fünf bis sechs Bällen gespielt. Das liegt einerseits an der gewünschten spielnahen Situation – nach Aussage der Bundestrainer Jeler und Schimmelpfennig geht man von einer durchschnittlichen Ballwechsellänge von drei bis vier Schlägen aus (Zhang & Hohmann, 2002, für eine Analyse im Männerbereich) –, andererseits an der körperlichen Belastung, die den Anforderungen im Spiel angepasst wird. Eine zu hohe Belastung mit dadurch steigenden Laktatwerten soll beim Techniktraining möglichst vermieden werden (vgl. Epstein, 1992; Preuss, 1988). Das Verhältnis von drei Vorhandschlägen zu zwei Rückhandschlägen entspricht nicht ganz dem Verhältnis der im Spiel geschlagenen Bälle, weil der vorhandorientierte Spielertyp, zu dem die meisten jungen Spieler erzogen werden und zu dem auch mehr als die Hälfte aller leistungsorientierten Spieler gehört, überwiegend mit der Vorhand spielt. Bei einer Untersuchung zum Technikwechsel muss dieser Wechsel jedoch auch vorkommen.

Aus allen möglichen Kombinationen (bei fünf Schlägen pro Sequenz bedeutet dies insgesamt zehn) wurden vier Sequenzen ausgesucht, die sich

1. im Zeitpunkt des Technikübergangs,
2. in der Anzahl der Technikübergänge und
3. im Zeitpunkt, an dem die folgenden Bälle mit Sicherheit vorausgesagt werden können, unterscheiden. Dies verdeutlicht die folgende Tabelle.

Tabelle 2: Unterscheidungskriterien der ausgewählten Sequenzen (V = Vorhand, R = Rückhand)

Nr.	Sequenzstruktur	Anzahl der Übergänge	Zeitpunkte der Übergänge	Antizipation des nächsten Balles
1	VVRR	1	nach dem 3. Ball	nach dem 3. Ball
2	VRRVV	2	nach dem 1. und nach dem 3. Ball	nach dem 3. Ball
3	RVVRV	3	nach dem 1., nach dem 3. und nach dem 4. Ball	nach dem 4. Ball
4	VRVRV	4	nach dem 1., nach dem 2., nach dem 3. und nach dem 4. Ball	nach dem 4. Ball

Wie die Tabelle zeigt, werden durch die Sequenzen der Zeitpunkt und die Anzahl der Technikübergänge variiert. Die Antizipation bezieht sich in der Tabelle auf den Zeitpunkt, in dem innerhalb der Sequenz der nächste Schlag vorhersagbar ist, unabhängig von weiteren Antizipationsleistungen, die auf Wahrnehmung beruhen. Die Unsicherheit verändert nicht nur die Bewegungsstrategie, sondern auch die visuellen Suchstrategien (vgl. Ripoll, 1989; Rodrigues, Vickers & Williams, 2002; Schellenberger, 1984), die jedoch nicht im Mittelpunkt dieses Projektes stehen.

2.2.2 Abhängige Variablen

Um Aussagen über die Bewegungen machen zu können, werden diese mit Video aufgenommen (vgl. Durey & Journeaux, 1995). Für diese Analyse gibt es zwei Möglichkeiten:

1. optisch mit Beurteilung der Bewegung nach bestimmten Kriterien durch Fachleute (Expertenratings) und
2. biomechanisch durch Ermittlung kinematischer Daten.

Die zweite Möglichkeit scheint erfolgsversprechender, da Tischtennis eine sehr schnelle Sportart ist, in der es geübten Trainern zwar nicht schwer fällt, die Qualität der Bewegungen zu

unterscheiden, jedoch die Aussagen darüber, was in hundertstel Sekunden passiert, nicht genau sein können. Genaue Aussagen sind aber das Ziel der Untersuchung: Wie verändert sich die Bewegung unter bestimmten Bedingungen, welche Faktoren sind leistungsbestimmend, welche sind zu vernachlässigen und welche Bewegungstrajektorien führen zu den meisten Treffern? Nach einem Expertenrating weiß man unter Umständen nur, welche der Bewegungen besser sind (beziehungsweise was der Status quo der Meinungen ist), aber nicht, was genau die bessere Bewegung ausmacht.

Eine Möglichkeit, die Bewegungen genau zu analysieren, stellt die Videometrie (vgl. Allard, Stokes & Blanchi, 1995; Kasai & Mori, 1998) dar. Mit Hilfe von „Simi-Motion“ können zum Beispiel Bewegungsbahnen oder Winkelveränderungen berechnet und dargestellt werden. Um eine dreidimensionale Analyse zu erreichen, muss die Bewegung von mindestens zwei Kameras aus unterschiedlichen Perspektiven aufgenommen werden. Die Positionen sind für die Erfassung ohne Bedeutung und können frei gewählt werden. Bei der Verwendung von nur zwei Kameras ist es empfehlenswert, die Kameras in einem Winkel von ca. 60° bis 120° zu positionieren.

Bevor die Bewegungen gefilmt werden, sind räumliche Referenzobjekte (Kalibrierungssysteme) nötig. Häufig werden quaderförmige Kalibrierungssysteme verwendet, die möglichst bildfüllend sein sollen, da die Berechnung umso ungenauer wird, je weiter die erfassten Punkte außerhalb des kalibrierten Raumes liegen. Soll also ein Spieler in voller Größe erfasst werden, muss ein dementsprechend großes Kalibrierungssystem (Axialsystem mit Abmessungen von 2 m x 2 m x 2 m) verwendet werden.

Für die Aufzeichnung von Bewegungen werden Punkte im dreidimensionalen Raum in ihrem Verhältnis zueinander bestimmt. Für die Schlagarmbewegung sind die folgenden Punkte relevant: Schulter, Ellbogen, Handgelenk und Schläger. Aus deren Verbindungen resultiert der gesamte Arm: Schulter bis Ellbogen = Oberarm, Ellbogen bis Handgelenk = Unterarm, Handgelenk bis Schläger = Hand-Schläger-Einheit. Um diese Punkte später auf dem Bildschirm besser erfassen zu können, müssen sie markiert werden. Hierfür werden selbstklebende Reflektoren an den Gelenkpunkten angebracht und angeleuchtet. Aufgrund eines externen Triggers (Lichtsignal) ist es möglich, die Aufnahmen der Kameras zu synchronisieren, sodass mit Hilfe einer mit „Simi-Motion“ erstellten Spezifikation die einzelnen Punkte aus jeder Kameraperspektive zu exakt demselben Zeitpunkt erfasst werden können. Trotz der Markierung der Gelenkmittelpunkte ist es in manchen Fällen nicht möglich, einen Punkt zu erfassen, wenn er durch einen anderen Körperteil verdeckt ist. In diesem Fall werden Lücken gelassen, die später mittels Berechnung gefüllt werden oder zur Identifikation von nicht analysierbaren Schlägen führen. Fixpunkt ist die Tischmitte. Sobald die einzelnen Punkte der Bewegung erfasst sind, können 3D-Koordinaten berechnet werden, die es erlauben, die Bewegung graphisch darzustellen. In der Strichdarstellung kann mit „Simi-Motion“ die Bewegung des Schlagarms dargestellt werden. Dadurch ist es möglich, sie isoliert und ohne Störfaktoren zu beobachten (vgl. Abb. 6).

Im Gegensatz zu den Trefferleistungen sind Bewegungstrajektorien nicht einfach im Mittel über verschiedene Personen oder Testzeitpunkte darzustellen. Deshalb werden die Bewegungsanalysen zur Beschreibung einer optimalen Technik und einer optimalen Technikwechseltechnik durch die folgenden Vorannahmen strukturiert. Die Veränderungen in der Bewegung vom Prä- zum Posttest sind durch die Korrelation der Treffer mit einem Außenkriterium validiert. Nur solche Bewegungsveränderungen, die auch zu einer besseren Trefferleistung führen, sind in unserem Sinne als qualitativ besser zu beschreiben. Dieser Effekt muss sich jedoch systematisch über alle Stufen der Bewegungsanalyse hinziehen, da auch mit zusätzlichen Bewegungen außerhalb der postulierten optimalen Bewegungsbahnen gute Trefferleistungen erzielt werden können. Ein Vergleich von Bewegungstrajektorien über einen Zeitraum von sechs Monaten erschwert die Benutzung realer Raum- und Zeitmaße. Beispielsweise können Wachstumsprozesse der Spieler in diesem präadoleszenten und pubertalen Alter eine Rolle spielen. Größere Bewegungstrajektorien

würden sich so beispielsweise auf ein Armwachstum und nicht auf Veränderungen der Bewegungsamplitude zurückführen lassen. Selbst wenn man relative Bewegungstrajektorien zwischen einzelnen Segmenten benutzt, sind solche Effekte nicht vollends auszuschließen. Gravierender ist jedoch die Tatsache, dass es nahezu unmöglich ist, bei den Posttestaufnahmen von der Kalibrierung bis zu den Kamerahöhen tatsächlich alle Bedingungen konstant zu halten. Bereits leichte Veränderungen auch nur einer Achse eines Systems machen direkte Trajektorienvergleiche in einem dreidimensionalen Raum schwierig. Es kann also nicht ausgeschlossen werden, dass Veränderungen nicht auf die Bewegung, sondern auf die Aufnahmeunterschiede zurückzuführen sind. Eine plausible Lösung, die Prä-/Postvergleiche, Vergleiche innerhalb eines Tests, vergleichende Bewegungsanalysen über verschiedene Geschwindigkeiten und Sequenzen zulässt, sind Zusammenhangsanalysen der Bewegungsparameter, die korrelationsanalytisch Komponenten explorieren. Die Anzahl und Struktur solcher Komponenten dienen letztlich der vergleichenden Bewegungsanalyse (vgl. Haas, 1995; Post, Daffertshofer & Beek, 2000).

2.2.3 Komponentenanalysen für die Technikoptimierung

Der Vergleich von Bewegungsparametern der Prä- und Posttestanalysen basiert auf individuellen Bewegungsanalysen für jede Stufe eines jeden Faktors. Die x-, y-, z-Werte für die Schulter, den Ellbogen, die Hand und den Schläger werden für die Blöcke von 25 Schlägen in den bekannten Sequenzen gruppiert. Für die unbekannten Sequenzen werden jeweils die fünf Schläge jeder Teilsequenz mit gleicher Struktur untereinander geschrieben, sodass identisch lange Bewegungsparametermatrizen für bekannte und unbekannte Sequenzen gleicher Struktur entstehen. Die Daten in den Matrizen wurden mit dem Butterworth-Filter 2. Ordnung (digitaler Bandpassfilter für Extremwerte, bei „Simi-Motion“ als Standardfilter eingesetzt) geglättet; fehlende Werte wurden ersetzt durch den mittleren Wert der Werte vor und nach dem fehlenden Wert. Waren in der Matrix Parameter enthalten, von denen mehr als 20% der Werte fehlten, wurden diese ganz von der Analyse ausgeschlossen. Die Daten wurden anschließend aus „Simi-Motion“ exportiert und in eine SPSS-Matrix überführt. Diese wurde für jede Sequenz und in jeder Geschwindigkeit für bekannte und unbekannte Sequenzen für jeden Spieler einzeln umgesetzt. In der SPSS-Matrix wurden die Parameter ersetzt, die eine Varianz von Null hatten. In jeder Matrix war dies der Referenzpunkt auf dem Tischtennistisch, der sich über die Zeit nicht veränderte. Die Komponentenanalyse (die Komponentenanalyse ist im Prinzip eine Faktorenanalyse, bei der das Kriterium der Varianzaufklärung a-priori auf 98% gesetzt wird, und in der hier angewandten Form von Post Daffertshofer & Beek, 2000 bereits durchgeführt wurde) konnte anschließend berechnet werden, wobei folgende Einstellungen gewählt wurden: Eine Komponentenanalyse galt als abgeschlossen, wenn über 98% der Varianz aufgeklärt werden konnte. Die Varimax (Kaiser-Normalisierung) rotierte Hauptkomponentenanalyse diente der weiteren Bearbeitung. Nur Korrelationen über .10 wurden berücksichtigt. Komponenten mit einem Eigenwert unter 1 wurden in der weiteren Analyse in der Anzahl der resultierenden Komponenten mitgezählt; aufgrund ihrer geringen Aufklärung inhaltlich aber nicht weiter bestimmt. Zur inhaltlichen Bestimmung der positiven und negativen Korrelation zwischen Bewegungsparametern wurden der dreidimensionale Raum und die Richtung der x-, y- und z-Werte entsprechend zur Bewegungsrichtung für alle Analysen gleich angeordnet (vgl. Abbildung 6).

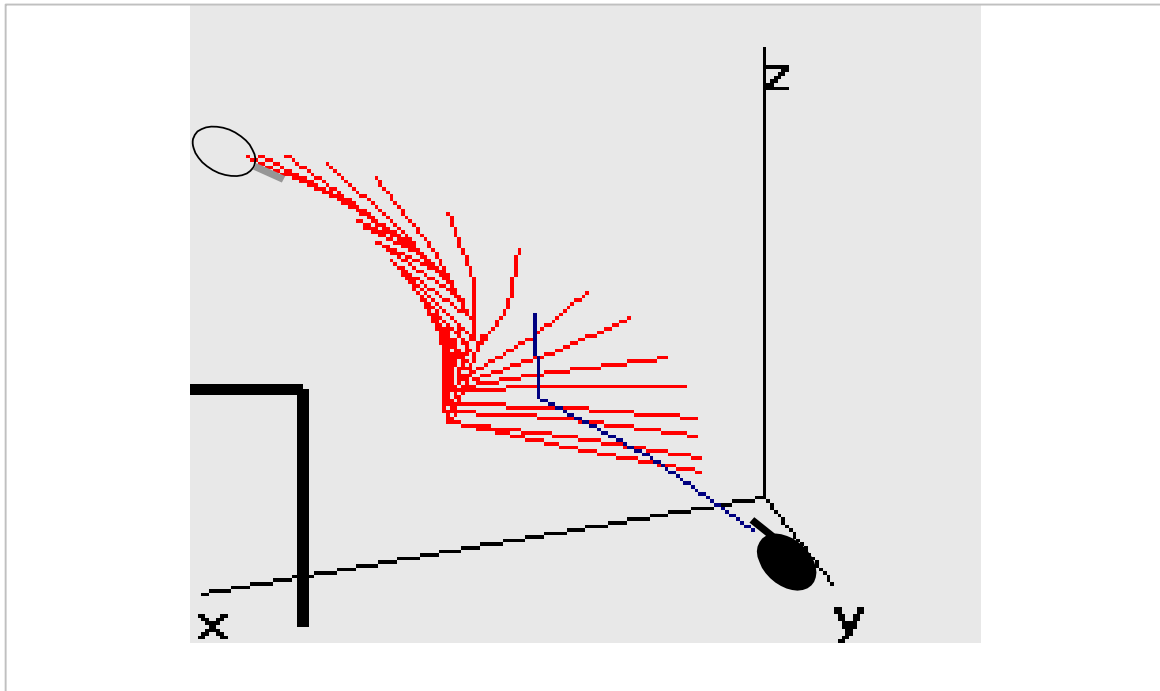


Abbildung 6: Dreidimensionaler Raum der Bewegungsparameter in Relation zur Bewegungsrichtung. Exemplarische Darstellung. Tischkante angedeutet als Orientierung für die Schlagbewegung im Raum

In der Abbildung 6 sind die Daten für die Gelenkpunkte Schulter, Ellbogen, Hand in x-,y-z-Richtung angegeben. Die digitalisierten Bewegungspunkte werden aus der ASCII-Form entsprechend graphisch repräsentiert. Die z-Richtung entspricht dem Auf- und Niederführen des Arms im Raum, die x-Achse ist parallel zum Tischtennistisch und entspricht Bewegungen nach links und rechts und die y-Achse entsprechend den Bewegungen nach vorn (über den Tischtennistisch) und nach hinten (weg vom Tischtennistisch). Da das übliche dreidimensionale Koordinatensystem die y-Achse als Bewegungen nach oben und nach unten vorsieht, werden in den folgenden Beschreibungen von y-Achsen-Bewegungen gesprochen, wenn der Arm nach oben bzw. unten geht, während die z-Achsen-Bewegungen Trajektorien entsprechen, die über oder weg vom Tischtennistisch laufen.

Die Mittelwert- und Summenwerte der kinematischen Angaben und Streuungsmaße der einzelnen Bewegungen vom Umkehrpunkt der Ausholbewegung (niedrigster Punkt in der y-Achse) bis zum Ballkontakt können entsprechend ausgegeben werden. Dies kann für die Analyse der Weglängen und die entsprechenden zeitlichen Ableitungen (Geschwindigkeit, Beschleunigung) sowie für Winkelangaben genutzt werden (vgl. Tab. 3).

Tabelle 3: Bewegungsparameter für die Technikmerkmale und die Übergangstechnik (exemplarisch an Werten eines Spielers)

Maß/Parameter	Streckenlänge (m)	Varianz	Standard-Abweichung
		Weglänge	
Ellbogen (re)	1.00	0.08	0.28
Handgelenk (re)	1.11	0.11	0.33
Schläger (re)	1.66	0.29	0.54
		Bahngeschwindigkeit	
Schulter (re)	3.56	0.10	0.32
Ellbogen (re)	2.75	0.11	0.34
Handgelenk (re)	3.32	0.18	0.42
Schläger (re)	5.75	0.69	0.83
		Bahnbeschleunigung	

Schulter (re)	55.63	13.56	3.68
Ellbogen (re)	49.20	19.68	4.44
Handgelenk (re)	3.32	0.18	0.42
Schläger (re)	121.37	96.03	9.80

Für die einzelnen Bewegungsparameter sind die Korrelationen zwischen Bewegungsbahn, Geschwindigkeit und Treffergenauigkeit zu bestimmen. Beispielsweise könnten zu große Bewegungslängen zu schlechteren Trefferleistungen und zu ungünstigeren Geschwindigkeits- und Beschleunigungsverläufen führen.

Die Bewegungsparameter werden durch zwei unterschiedliche Referenzpunkte analysiert. Einmal durch den Vergleich der Bewegungspunkte in Relation zu Referenzpunkten außerhalb der Bewegung. Bootsma und Van Wieringen (1988) beispielsweise nutzen den Eckpunkt des Tischtennistisches. Die Alternative ist ein Referenzpunkt innerhalb des Systems. Zum Beispiel können Bewegungspunkte des Ellbogens in Relation zum Handgelenk berechnet werden (vgl. Ehrlenspiel, 2001). Je nachdem, ob individuelle oder gruppenspezifische Aussagen gemacht werden sollen, haben beide Systeme Vor- und Nachteile, die hier im Detail nicht diskutiert werden müssen. Im Folgenden werden deshalb vor allem die realen Bewegungsparameter ohne externe Referenz dargestellt, um mögliche Veränderungen der Kinematik des Spielers, unterschiedliche relative Positionen der Bewegungspunkte durch das Kleben der Marker (vgl. Abb. 7) zwischen unterschiedlichen Testzeitpunkten sowie eventuelle methodische Differenzen des Testaufbaus als mögliche Fehlerquellen der vergleichenden Bewegungsanalyse auszuschließen. Das bedeutet jedoch auch, dass in Analysen über Spieler hinweg Korrelationen zwischen Bewegungspunkten zuerst an einem Spieler berechnet und anschließend für Gruppenaussagen die einzelnen Bewegungsanalysen zu einem Gesamturteil zusammengefasst werden müssen.

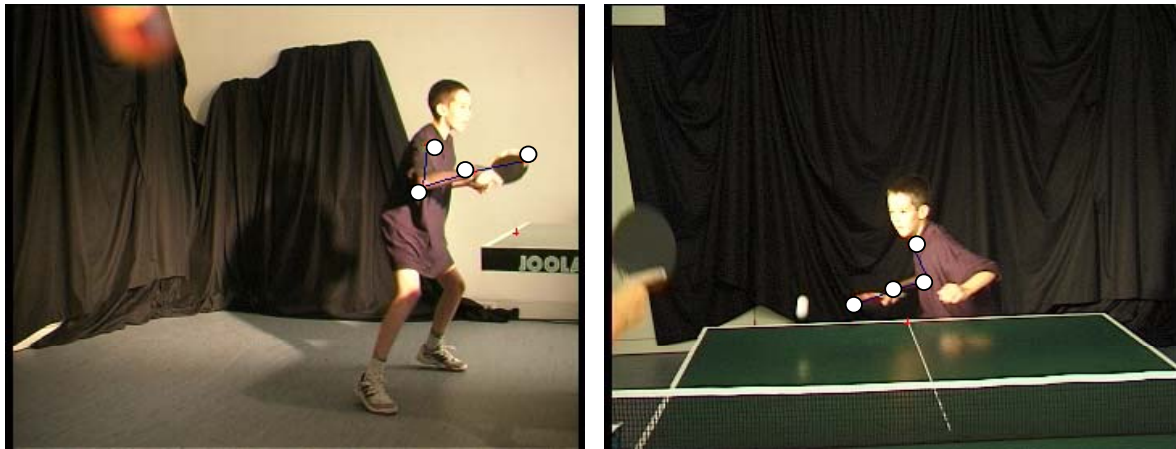


Abbildung 7: Laterale Kameraperspektive (links); frontale Kameraperspektive (rechts)

Die kinematischen Daten können auf diese Weise einen Aufschluss über die Qualität der Bewegungen geben, die Effektivität der Schläge wird jedoch nicht erfasst. Wie bereits erwähnt, hängt die Qualität der Schläge vor allem davon ab, wie genau der Ball platziert ist. Daher ist eine übliche Trainingsmethode, Zielfelder auf einer Tischhälfte treffen zu lassen. Um nach der Untersuchung erkennen zu können, wie groß die Abweichung vom Zielfeld ist, wird auf dem Tischtennistisch eine Markierung von drei konzentrischen Quadraten angebracht (20 cm x 20 cm, 40 cm x 40 cm und 60 cm x 60 cm).

Der Spieler erhält die Aufgabe, das kleinste Quadrat zu treffen. Anhand einer Videoaufzeichnung werden die Trefferleistungen gezählt. Anschließend werden Punkte vergeben, je nachdem wie weit vom Zielquadrat entfernt der Ball auftrifft.

Die Treffsicherheit des Spielers sagt uns etwas über die Effektivität der Schläge aus. Die Wertungen entsprechen den Trefferabweichungen von dem ersten Quadrat: Null Fehlerpunkte, wenn der Ball im inneren Quadrat aufkommt, einen Fehlerpunkt, wenn er im zweiten Quadrat aufkommt, zwei Fehlerpunkte, wenn er außerhalb des ersten und zweiten Quadrats aufkommt. Trifft der Ball nicht innerhalb der drei markierten Quadrate auf, wird er mit vier Fehlerpunkten bewertet, der Schlag ins Netz erhält fünf Fehlerpunkte. Mit sechs Fehlerpunkten wird bewertet, wenn der Ball nicht in Netzrichtung geschlagen wird, also zum Beispiel nach oben oder stark zur Seite wegspringt oder vom Spieler nicht erreicht wird. In der folgenden Abbildung ist der Testaufbau im Labor dargestellt.

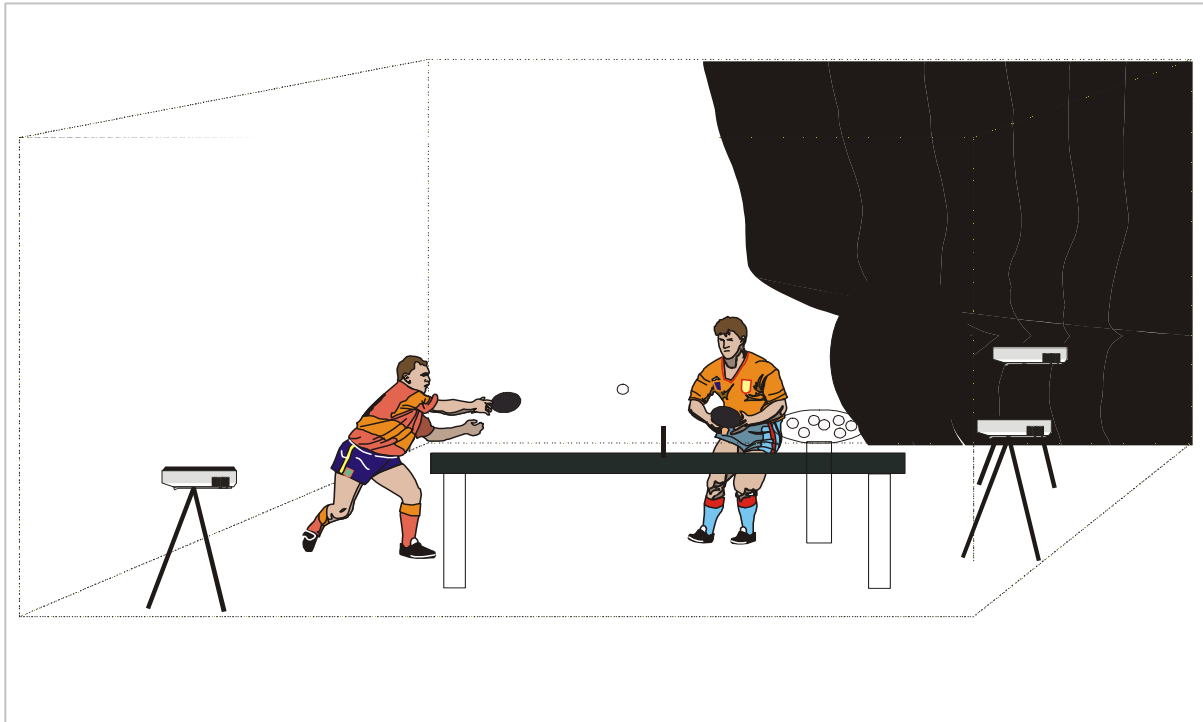


Abbildung 8: TTLT Testaufbau (vordere Kameras für 3D-Analysen in Simi-Motion, hintere Kamera für die Aufnahme der Trefferleistungen). Die Bälle werden vom Trainer aus der üblichen Position seitlich neben dem Tisch eingespielt

2.3 Stichprobe

Insgesamt besteht die Trainingsgruppe aus 20 Spielern. Sie gehören alle dem erweiterten Kader des Bundesleistungszentrums in Heidelberg an. Eine Trainingsgruppenhälfte ist die Interventionsstichprobe, während die andere Hälfte als Evaluationsstichprobe und damit als trainierende Kontrollgruppe dient. Die Auswahl zur Interventions- beziehungsweise Evaluationsstichprobe wurde zu Beginn nach Einschätzung der Trainer in zwei gleich starke Leistungsgruppen unterteilt. Die Parallelisierung von Leistungsgruppen anstatt einer randomisierten Verteilung in zwei Gruppen wurde gewählt, um bereits eingespielten Paaren ein gemeinsames Training zu ermöglichen.

Tabelle 4: Deskriptive Personenmerkmale der Stichprobe

Gruppe	Alter (x, s)	Geschlecht	Trainingserfahrung
Interventionsstichprobe	11,3 (1,8) Jahre	4 (m) 6 (w)	4,5 Jahre
Evaluationsstichprobe	11,5 (1,4) Jahre	5 (m) 5 (w)	4,8 Jahre

Wie die Tabelle zeigt, sind die Stichproben annähernd gleich. Zusätzlich zur expertenbasierten Parallelisierung werden im Rahmen des quasi-experimentellen Vergleiches Leistungsüberprüfungen in der Trainings- und Wettkampfdiagnostik (vgl. Kap. 3.3 und 3.4) realisiert.

Nachfolgend sind die Trainingsgewohnheiten der einzelnen Spieler aufgelistet.

Tabelle 5: Trainingsgewohnheiten der Spieler aus der Interventionsgruppe

Name	Training pro Woche	Trainer	Ort
Maike	9 Stunden	Schmidt, Lehmann, Müller, Knoll, Riemensperger	DTTZ, Verbandsstützpunkt St. Ilgen (AG Ba-Wü), TTG Walldorf
Mona	10 Stunden	Schmidt, Lehmann, Müller, Biedermann, Slavik	DTTZ, Verbandsstützpunkt St. Ilgen (AG Ba-Wü), TTC Ketsch
Zjelka	10 Stunden	Schmidt, Lehmann, Jeler, Ihle	DTTZ, Verbandsstützpunkt Sportschule Schöneck (AG Ba-Wü), TV Forst
Maren	11 Stunden	Schmidt, Lehmann, Jeler, Jungblut	DTTZ, Verbandsstützpunkt St. Ilgen (AG Ba-Wü), TTG Walldorf
Bastian	8 Stunden	Schmidt, Lehmann, Caselitz, Bondarev	DTTZ, Verbandsstützpunkt St. Ilgen (AG Ba-Wü), TTF Hemsbach
Ulf	8 Stunden	Schmidt, Lehmann, Kasper	DTTZ, Verbandsstützpunkt St. Ilgen (AG Ba-Wü), TTV Weinheim/West
Hermann	11 Stunden	Schmidt, Lehmann, Petrovic	DTTZ, Verbandsstützpunkte Sportschule Schöneck, St. Ilgen (AG Ba-Wü), TTV Ettlingen
Sarah	10 Stunden	Schmidt, Lehmann, Jeler	DTTZ, Verbandsstützpunkt St. Ilgen (AG Ba-Wü)
Kathrin	10 Stunden	Schmidt, Lehmann,	DTTZ, Verbandsstützpunkt Sportschule Schöneck (AG Ba-Wü), TV Busenbach
Anne	18 Stunden	Jeler	DTTZ, Internat Bundesleistungszentrum Heidelberg

Die relativ hohen wöchentlichen Trainingsumfänge und relativ geringen Streuungen (mit Ausnahme von Anne aus dem Internat) sprechen dafür, dass die geplanten Interventionen mit hohen Trainingsumfängen gleichverteilt über einen kurzen Zeitraum realisiert werden können.

2.4 Durchführung der TTLT-Diagnostik für Technikmerkmale und Technikwechsel

Zur üblichen Trainingszeit werden am ersten Testtermin zwei, an den folgenden drei Terminen jeweils zwei bis drei Spieler nacheinander aufgenommen. Pro Versuchsperson dauert eine Untersuchung in etwa 60 Minuten. Alle zehn Spieler der Interventionsstichprobe füllen einen Fragebogen zur Person aus, und die Gelenke des Schlagarms (Handgelenk, Ellbogen und Schulter) sowie der Schläger werden mit selbstklebenden Markern versehen. Um die Aufnahmequalität zu verbessern, ziehen die Spieler einen schwarzen Nylonstrumpf über den Arm, und die Marker werden an Schulter, Ellbogen und Handgelenk angebracht. Um ein Verrutschen zu vermeiden, wird der Strumpf am schwarzen T-Shirt mit Klebeband fixiert.

Nach einer kurzen Einspielphase und der ersten Instruktion wird mit dem Test begonnen. Der erste Block besteht aus vier Sequenzen mit Vorinformation über die Reihenfolge der Vorhand- und Rückhandschläge, die mit normaler Wettkampfgeschwindigkeit gespielt werden. Jede Sequenz wird fünfmal wiederholt. Vor jeder Sequenz erläutert der Trainer, was gespielt wird, also wie die Sequenz aussieht. Beispielsweise bedeutet das für die Sequenz 2 (vgl. Tab. 2), dass „einmal Vorhand, zweimal Rückhand und zweimal Vorhand“ gespielt wird. Nach den fünfundzwanzig Bällen (fünfmal die Sequenz 1 á 5 Bälle) erläutert der Trainer die folgende Sequenz und so weiter. Im zweiten Block, in dem die Sequenzen ebenfalls vorher erläutert werden, entspricht die Spielgeschwindigkeit einem hohen Wettkampftempo. Zwischen den Blocks wird jeweils eine Pause von circa drei Minuten eingelegt. Im dritten und vierten Block

erhält der Spieler keine Vorinformation. Der Trainer notiert die gespielten Sequenzen, wodurch gewährleistet ist, dass jede Sequenz gleich oft gespielt wird. Im dritten Block wird in normaler Wettkampfgeschwindigkeit eingespielt, im vierten Block in hoher Wettkampfgeschwindigkeit. Die beiden Geschwindigkeiten v_1 = normales Spieltempo und v_2 = hohes Wettkampftempo werden konstant gehalten. So werden insgesamt vierhundert Bälle (4 Sequenzen x 5 Bälle x 5 Wiederholungen (Blöcke) x 2 Geschwindigkeiten x 2 Informationsbedingungen) auf das Zielfeld geschlagen. Alle Bälle entsprechen der neuen Ballgröße, um sich den aktuellen Wettkampfgeln anzugleichen und Vergleiche zu älteren (Seydel, 1990; Tiefenbacher, Seydel & Durey, 1996) und neueren Arbeiten (vgl. Möllenbeck, Jendrusch & Heck, 2001; Xiaopeng, 1998) zu ermöglichen. Nach Testende erhalten die Spieler ein Überraschungsei.

2.5 Ergebnisse der TTLT-Diagnostik für Bewegungsmerkmale

2.5.1 Trefferleistungen

2.5.1.1. Analyse der Effekte als zentrale Tendenz für Hypothesen 1a und 1b

Die Berechnung des kompletten Designs mit vier Sequenzen, zwei Geschwindigkeiten und zwei Bedingungen mit oder ohne Vorinformation über die Reihenfolge der Sequenzen ergab bei Ansetzung eines Alpha-Niveaus von 5 Prozent folgendes Bild. Die Sequenzen unterscheiden sich hinsichtlich der Trefferleistungen voneinander ($F(3, 27) = 3.83, p < .05, \eta^2 = .30$), die Trefferleistungen in den unterschiedlichen Geschwindigkeiten unterscheiden sich ($F(1, 9) = 104.71, p < .01, \eta^2 = .92$), die Trefferleistungen mit oder ohne Vorinformation über die Reihenfolge der Sequenzen unterscheiden sich ($F(1, 9) = 47.22, p < .01, \eta^2 = .84$), die Interaktion zwischen Geschwindigkeit und Sequenz ist signifikant ($F(3, 27) = 7.95, p < .01, \eta^2 = .47$). Die weiteren zweifachen und dreifachen Interaktionen verfehlen das Signifikanzniveau. Die Signifikanzgrenzen als klare Trennung von Effekten und keinen Effekten sind aufgrund der geringen Stichprobe nur vorsichtig zu benutzen. Beispielsweise sind aufgrund der geringen Streuungen zwischen den Personen und wegen der sehr selektierten Gruppe von Leistungssportlern von einem halben bis knapp einem Trefferpunkt davon auszugehen, dass die starken Manipulationen von Geschwindigkeiten und Vorinformationen Effekte zeigen. Auf der anderen Seite sind die nicht-signifikanten Zweifach-Interaktionen zwischen Sequenz und Vorinformation ($F(3, 27) = 2.28, p = .10, \eta^2 = .20$) und Geschwindigkeit und Vorinformation ($F(1, 9) = 4.55, p = .06, \eta^2 = .34$) sowie die Dreifach-Interaktion von Sequenz, Geschwindigkeit und Vorinformation ($F(3, 27) = .56, p = .054, \eta^2 = .24$) mit geringen Effektstärken später zu diskutieren.

Die spezifischere Auswertung der Trefferleistungen wird nach der Struktur der Hypothesen vorgenommen. Insgesamt werden, über alle Spieler und Bedingungen gemittelt, Fehlerpunkte erzielt, die einer Genauigkeit des 40 cm x 40 cm Quadrates entsprechen ($M = 2,65, SD = .87$).

In Hypothese 1a wird angenommen, dass mit zunehmender Geschwindigkeit des Ballwechsels die Fehlerwerte steigen. Diese Hypothese konnte bestätigt werden. Die Erhöhung der Fehlerwerte von normaler Geschwindigkeit ($M = 2,34, SD = .67$) zu schneller Geschwindigkeit ($M = 3,13, SD = .48$) ist wie oben berichtet signifikant.

In Hypothese 1b wurde angenommen, dass bei Sequenzen ohne Information darüber, welche Sequenz als nächstes folgt, schlechtere Trefferleistungen erzielt werden, als wenn diese Vorinformation gegeben wird. Die Erhöhung der Fehlerwerte von bekannten zu unbekannten Sequenzreihenfolgen ist signifikant, aber die Trefferleistungen unterscheiden sich um weniger als einen halben Punkt (bekannt: $M = 2,52, SD = .49$, unbekannt: $M = 2,80, SD = .38$).

Zusammenfassend kann davon ausgegangen werden, dass mit zunehmender Geschwindigkeit und mit geringerer Vorinformation die Fehlerwerte erwartungsgemäß steigen. Wie bereits oben diskutiert, ist es für eine detaillierte Rückmeldung als auch zur Absicherung der Repräsentation der zentralen Tendenz für das individuelle Verhalten notwendig, im Folgenden Einzelfälle separat und vergleichend darzustellen.

2.5.1.2. Exemplarische Einzelfallanalyse

Die exemplarische Einzelfallanalyse wird auf Wunsch von Bundestrainerin Jeler an dem Spieler Hermann demonstriert. Die Einzelfallanalysen wurden in reduzierter Form ebenfalls für alle anderen Spieler durchgeführt, allerdings werden sie hier nur durch die graphische Darstellung beigefügt. Hermann wurde von der Bundestrainerin ausgewählt, weil eine Bewertung von Hermann zur Einstufung der Kaderzugehörigkeit kurz nach der Testdurchführung erfolgen sollte und deshalb eine ausführliche und sofortige Auswertung erforderlich machte. Im Folgenden werden Hermanns Trefferleistungen mit dem Mittelwert der restlichen Treatmentgruppe verglichen. Die videometrische Auswertung orientiert sich an den Vorgaben der Technikanalysen aus den Voruntersuchungen sowie vorheriger Arbeiten (vgl. Pokorny, Fleiss & Svoboda, 1987; Stucke, Mosblech & Leiss, 1986, 1989). Bei allen dargestellten Werten handelt es sich um Mittelwerte. Es sei an dieser Stelle an die Bewertung erinnert: Der Wert 0 bedeutet, dass das innerste Quadrat getroffen wurde; je kleiner der Wert ist, desto besser ist also die Trefferleistung. Wie gut treffen die Spieler bei den jeweiligen Sequenzen und wie repräsentativ ist das Ergebnis für den exemplarischen Einzelfall?

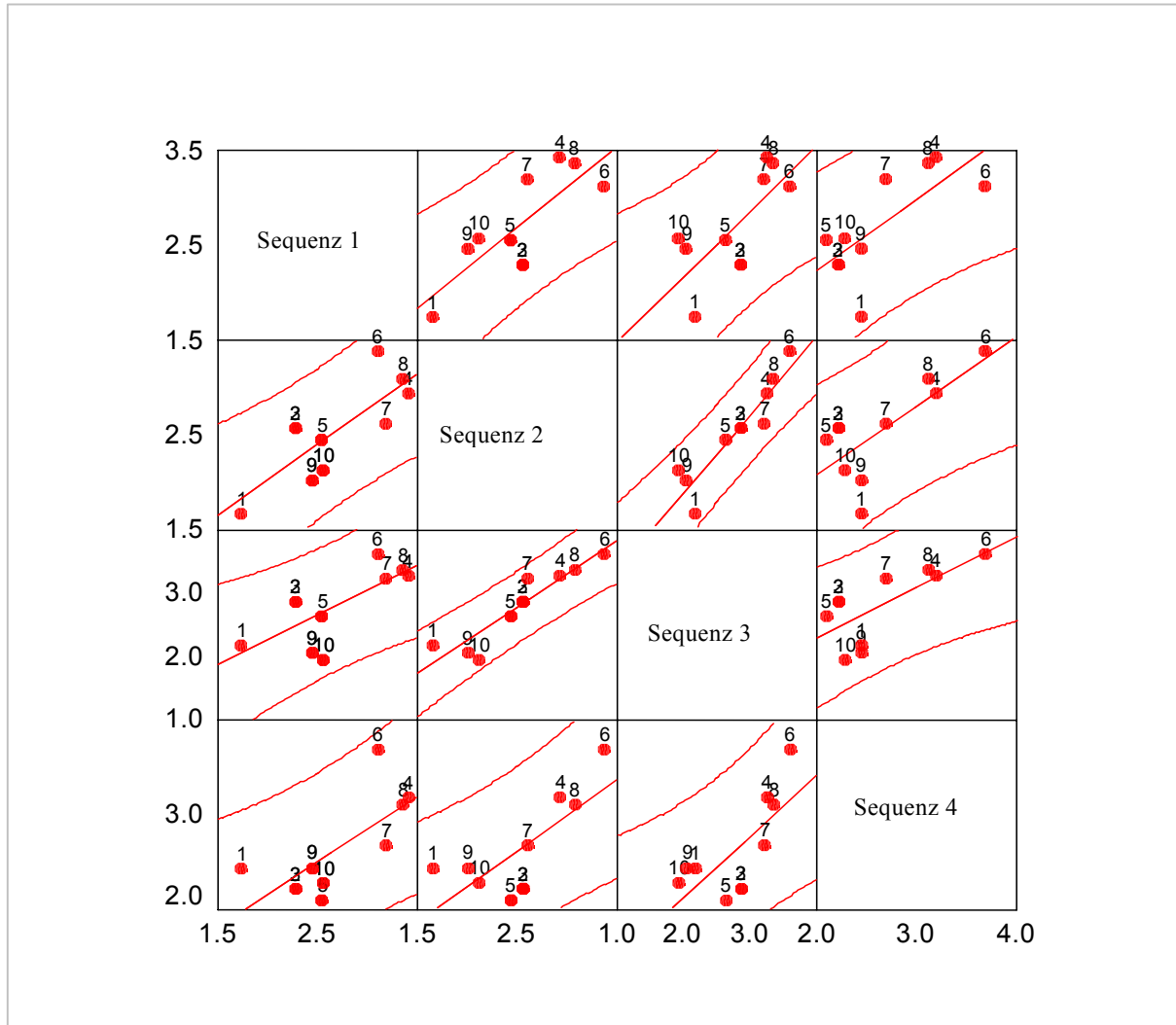


Abbildung 9: Streuungsmatrix (Scatterbox, Distanzmaße) für die Sequenz 1, 2, 3 und 4 für die Fehlerwerte. Labels der Punkte beschreiben den Einzelfall. Der Fall Nr. 5 ist der im Text beschriebene Hermann. Linien beschreiben linearen Fit sowie an den Rändern das 95% Konfidenzintervall. 1 = Bastian, 2 = Ulf, 3 = Maren, 4 = Mona, 5 = Hermann, 6 = Kathrin, 7 = Sarah, 8 = Maike, 9 = Anna, 10 = Zjelka

Der Mittelwert der Stichprobe unterscheidet sich für die Sequenzen 1 bis 3 nicht vom Mittelwert von Hermann bei Akzeptanz des Konfidenzintervalls, das für die Vorhersage aufgrund der linearen Regressionsanalyse gesetzt wurde. Alternative Regressionsmodelle wurden nicht getestet, da in den Hypothesen klare Vorhersagen einer linearen Steigerung der Fehlerwerte mit der Sequenz und damit den Technikübergängen angenommen wurde. Abbildung 9 zeigt zudem, dass Hermann in den Sequenzen 1 und 3 sehr nah am Mittel der Gruppe liegt. Interessant ist die Sequenz 4, in der Hermann (Nr. 5 ist bei Sequenz 4, M_S4 der beste Wert) bessere Werte erzielt als die anderen Teilnehmer. Zur statistischen Absicherung wurden Distanzanalysen berechnet (vgl. Tabelle 6). Als Kennwert für die Güte der Anpassung der Analyse wurde der Dispersionswert (Dispersion Accounted For, D.A.F., Kennwerte sind zwischen -1 und 1) berechnet, der in diesem Fall eine hohe Anpassung von .98 erreichte.

Tabelle 6: Distanzmaße (euklidisch) für Einzelfälle über Sequenz 1 bis Sequenz 4. Hohe Werte entsprechen einer Unähnlichkeit zwischen Sportlern

	Bastian	Ulf	Maren	Mona	Hermann	Kathrin	Sarah	Maike	Anna
--	---------	-----	-------	------	---------	---------	-------	-------	------

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Bastian (1)	.000								
Ulf (2)	1.441	.000							
Maren (3)	1.441	.000	.000						
Mona (4)	1.168	.971	.971	.000					
Hermann (5)	1.593	.529	.529	.687	.000				
Kathrin (6)	.632	.810	.810	.806	1.013	.000			
Sarah (7)	1.602	.877	.877	.485	.382	1.117	.000		
Maike (8)	1.211	.739	.739	.237	.474	.733	.395	.000	
Anna (9)	1.090	1.426	1.426	.492	1.178	1.013	.925	.722	.000
Zjelka (10)	1.467	1.544	1.544	.583	1.173	1.309	.833	.806	.382

Wie aus Tabelle 6 ersichtlich ist der erste Fall (Bastian) am weitesten von den anderen Fällen entfernt, während Hermann mittlere Abstände von den anderen Fällen erreicht, wenn man über alle Sequenzen vergleicht. Wie bereits in Abbildung 9 dargestellt, würden die weitaus überdurchschnittlichen Leistungen Hermanns in der Sequenz 4 im Vergleich zum Mittel der Gruppe bei der alleinigen gemittelten Analyse von Distanzen übersehen werden. Deshalb erscheint eine weitere genauere Analyse für einzelne Geschwindigkeiten oder Vorinformationen unabdingbar.

Wie variieren die Trefferleistungen in Abhängigkeit von Geschwindigkeit und Vorinformation bei den einzelnen Spielern?

Tabelle 7 zeigt die Distanzen für alle 10 Spieler, wenn die Daten (gemittelt über Vorinformation und Sequenz) in normale und hohe Geschwindigkeit der Ballwechsel unterteilt werden.

Tabelle 7: Distanzen (euklidisch) für Einzelfälle über normale und hohe Geschwindigkeit

	Bastian (1)	Ulf (2)	Maren (3)	Mona (4)	Hermann (5)	Kathrin (6)	Sarah (7)	Maike (8)	Anna (9)
Bastian (1)	.000								
Ulf (2)	2.266	.000							
Maren (3)	2.224	.065	.000						
Mona (4)	2.246	.160	.110	.000					
Hermann (5)	1.404	1.127	1.066	1.034	.000				
Kathrin (6)	1.814	.731	.666	.610	.457	.000			
Sarah (7)	1.671	.829	.766	.724	.318	.145	.000		
Maike (8)	2.009	.472	.407	.341	.712	.270	.395	.000	
Anna (9)	1.687	.785	.722	.683	.354	.129	.046	.359	.000
Zjelka (10)	1.650	.819	.756	.719	.316	.164	.037	.397	.039

Wie bereits bei den Sequenzen 1-4 unterscheidet sich Bastian von dem Rest der Gruppe, während Hermann sich von den ersten vier Spielern weiter distanziert als von den Spielern 6 bis 10. Hermann unterscheidet sich jedoch nicht in einer systematischen Weise von dem Gruppenmittel. Die Distanzmatrix erreicht mit einem Dispersionswert (D.A.F.) von .99 eine hohe Verteilung. Hermann ist also durchschnittlich hinsichtlich seiner Leistungen bei normaler und hoher Geschwindigkeit.

Trennt man die Daten nach Bedingungen mit oder ohne Vorinformation über die Reihenfolge der Sequenzen, dann sehen wir ähnlich der Analyse der Sequenzen 1 bis 4 hohe Distanzen zu Bastian (wie alle anderen Sportler auch) und mittlere Distanzen zu den anderen Spielern. Die Lösung der Distanzen erreicht eine hohe Anpassung (D.A.F. Dispersionsmaß) von .99.

Tabelle 8: Distanzmaße (euklidisch) für Einzelfälle über Sequenzen mit Vorinformation und ohne Vorinformation. Hohe Werte entsprechen einer Unähnlichkeit zwischen Sportlern

	Bastian (1)	Ulf (2)	Maren (3)	Mona (4)	Hermann (5)	Kathrin (6)	Sarah (7)	Maike (8)	Anna (9)
Bastian (1)	.000								
Ulf (2)	1.951	.000							
Maren (3)	1.971	.041	.000						

Mona (4)	1.900	.157	.197	.000					
Hermann (5)	2.266	.573	.533	.730	.000				
Kathrin (6)	1.965	.065	.100	.108	.626	.000			
Sarah (7)	2.192	.381	.341	.535	.205	.429	.000		
Maike (8)	2.211	.396	.356	.549	.197	.442	.019	.000	
Anna (9)	2.264	.585	.545	.742	.017	.639	.220	.213	.000
Zjelka (10)	2.076	.256	.216	.413	.317	.311	.134	.153	.329

Nimmt man Hermann als von den Bundestrainern (und nicht als „Prototyp“ von den Autoren ausgewählten) für die Darstellung gewählten Spieler, so fällt auf, dass er im Mittel die Stichprobe recht gut repräsentiert. Dies kann nur mit der Einschränkung aufrecht erhalten werden, dass Hermann in der Sequenz 4 überdurchschnittliche Leistungen erbringt, die allerdings nicht als Ausreißer (Outlier) gewertet werden dürfen, wenn man als Kriterium Werte über der zweifachen Standardabweichung als Ausreißer (Outlier) definiert. Dieses Kriterium wird üblicherweise zur Entdeckung und Behandlung von Ausreißern angenommen, wie beispielsweise der Windsorisierung (Windsoring), in dem alle Werte über der zweifachen Standardabweichung in die zweifache Standardabweichung überführt werden.

2.5.1.3. Vergleichende Einzelfallbetrachtungen

Exemplarisch wird hier der Vergleich zweier Spieler dargestellt, der dem Trainer und dem Spieler Aufschluss über Leistungsunterschiede geben kann. Die Trainer können mit den im Paar-Vergleichsverfahren erzielten Daten leichter direkte Vergleiche zwischen Spielern nutzen, die von ihnen selbst in dieselbe Leistungs- beziehungsweise Altersklasse eingeordnet wurden. Auf Wunsch der Trainer wurden folgende Paare ausgewählt: Hermann/Kathrin und Sarah/Maike.

Beispiel Hermann und Kathrin:

Der exemplarische Vergleich erstreckt sich auf die zentralen Variablen des Designs. Unterschiede bei den Trefferleistungen in den verschiedenen Sequenzen, bei verschiedenen Geschwindigkeiten und bekannten und unbekannten Sequenzen können so zwischen vergleichbaren Spielern analysiert und entsprechende Konsequenzen für das Training gezogen werden.

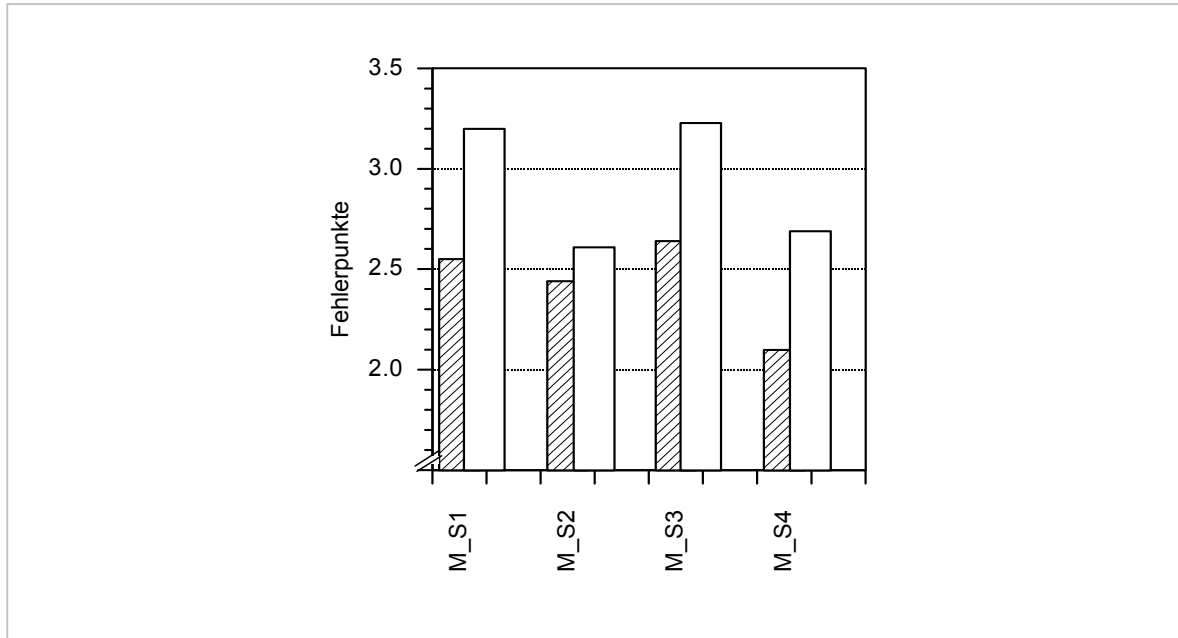


Abbildung 10: Mittlere Fehlerpunkte der vier verschiedenen Sequenzen (gestreifter Balken: Hermann; weißer Balken: Kathrin, M_S1 = Sequenz 1, M_S2 = Sequenz 2, M_S3 = Sequenz 3, M_S4 = Sequenz 4)

Wie die Abbildung zeigt, ist Kathrin in allen Sequenzen schlechter. Der Vergleich der Werte kann mit einem t-Test (die unterschiedlichen Freiheitsgrade sind durch die Elimination von Sequenzen verursacht, in denen mehr als 1 Ball nicht zuzuordnen war) über alle Bälle zwischen den Spielern in den jeweiligen Bedingungen getestet werden. Eine Alpha-Adjustierung wird im Paarvergleich über alle Paarvergleiche nicht vorgenommen, da im Gegensatz zum gruppenmittelwertstatistischen Vergleich über verschiedene abhängige Variablen, hier durchaus ein abhängiges Verhältnis zwischen den Leistungen der einzelnen Spieler von vorneherein angenommen wird. Beispielsweise könnte Hermann, wie die Daten zeigen, prinzipiell besser als Kathrin treffen. Dies ist jedoch statistisch nur für beide Geschwindigkeitsstufen für die Sequenz 4 unter keiner Vorinformation der Sequenzreihenfolge signifikant (Normale Geschwindigkeit: $t(20) = -2.37, p < .05$; Hohe Geschwindigkeit: $t(20) = -2.78, p < .01$).

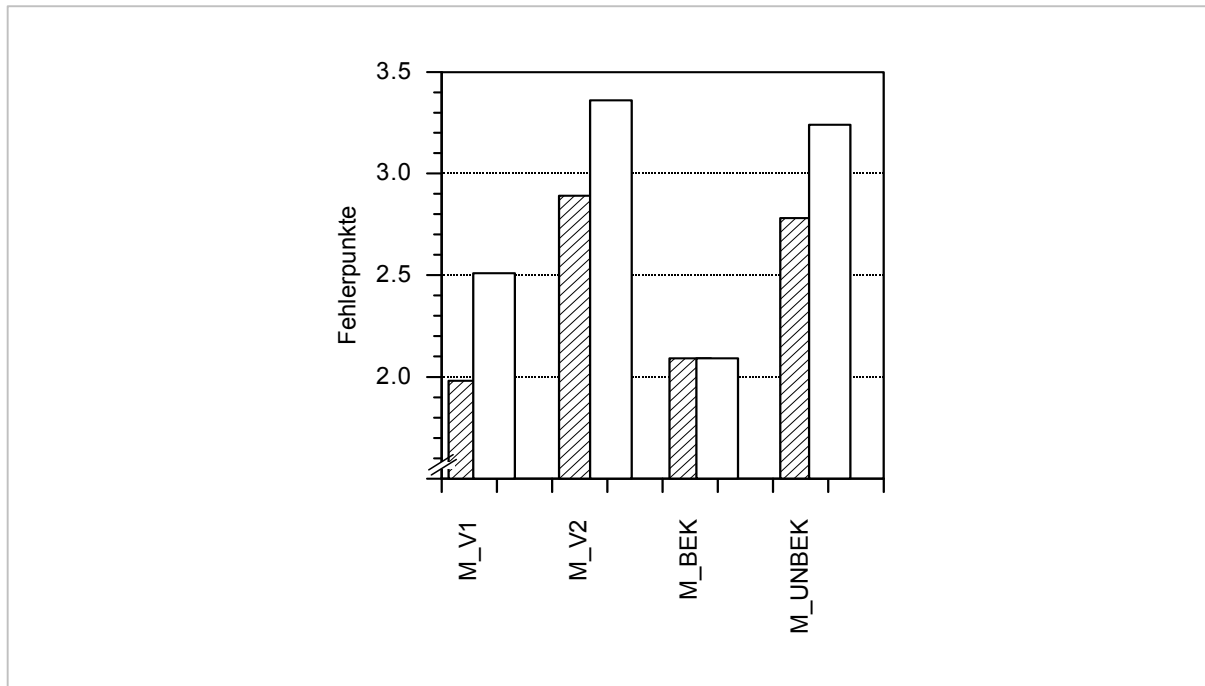


Abbildung 11: Fehlerpunkte (v.l.n.r.): normale und hohe Wettkampfgeschwindigkeit, mit und ohne Vorinformation (gestreifter Balken: Hermann; weißer Balken: Kathrin, M_V1 = normale Geschwindigkeit, M_V2 = hohe Geschwindigkeit, M_BEK = Mittelwert der bekannten Sequenzen, M_UNBEK = Mittelwert der unbekannten Sequenzen)

Hermanns Überlegenheit zeigt sich auch in der Trefferleistung, wenn man die Treffer nach Geschwindigkeiten und Vorinformation trennt. Interessant ist, dass Hermann bei bekannten Sequenzen in den Sequenzen 2, 3 und 4 signifikant überlegen ist (Sequenz 2, normale Geschwindigkeit: $t(22) = -3.52$, $p < .01$; Sequenz 4, normale Geschwindigkeit: $t(22) = -3.76$, $p < .01$; Sequenz 3, hohe Geschwindigkeit: $t(22) = -4.22$, $p < .01$; Sequenz 4, hohe Geschwindigkeit: $t(18) = -3.40$, $p < .01$).

Beispiel Sarah und Maike

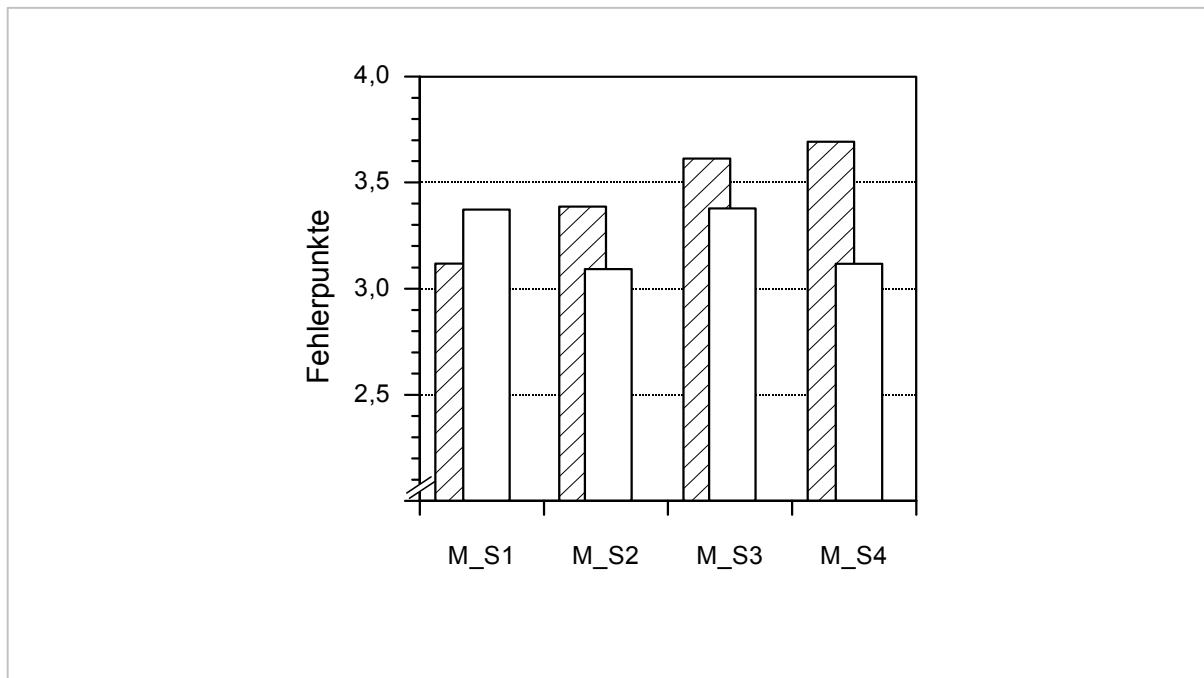


Abbildung 12: Mittlere Fehlerpunkte der vier verschiedenen Sequenzen (gestreifter Balken: Sarah; weißer Balken: Maike, M_S1 = Sequenz 1, M_S2 = Sequenz 2, M_S3 = Sequenz 3, M_S4 = Sequenz 4)

Maike spielt, wie in der Abbildung dargestellt, insgesamt etwas besser. Nur in der ersten Sequenz erzielt Sarah gute Trefferleistungen. Der größte Unterschied liegt in der Sequenz 4, die als einzige für die Bedingung mit Vorinformation unabhängig von der Geschwindigkeit zu besseren Leistungen von Maike führt (Normale Geschwindigkeit: $t(20) = -2.02$, $p < .05$; Hohe Geschwindigkeit: $t(20) = -1.75$, $p = .05$).

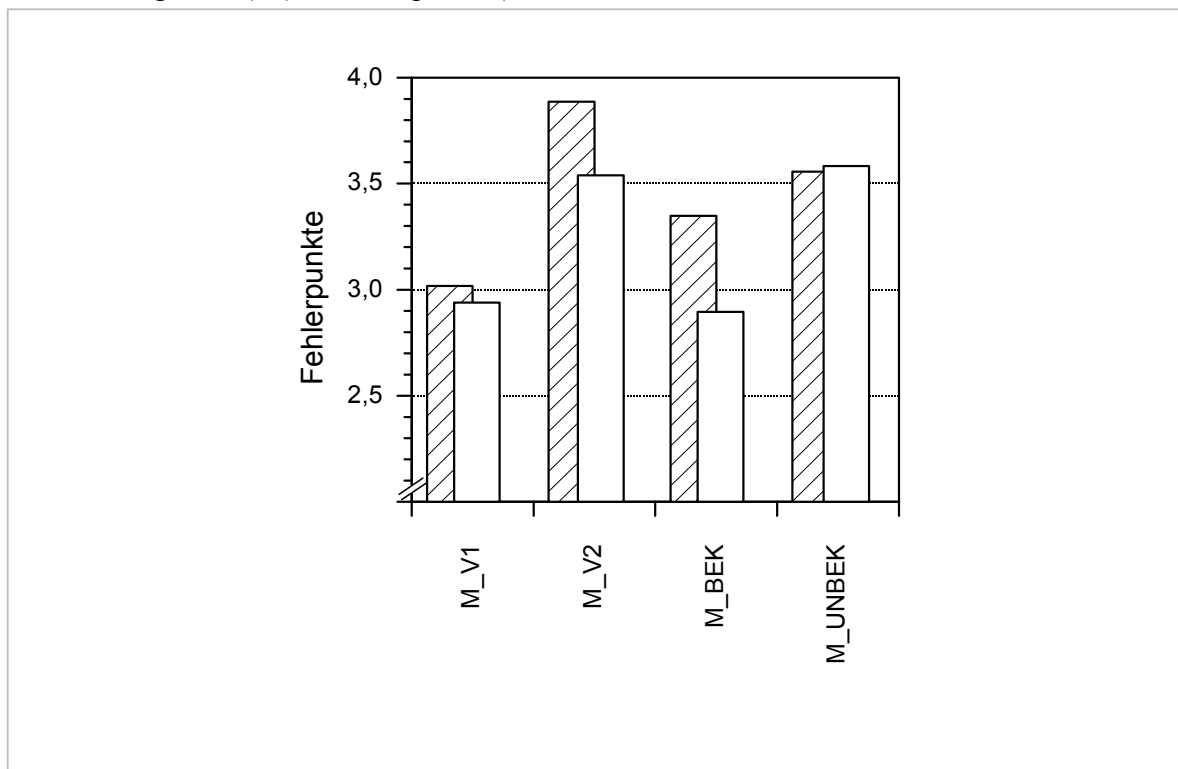


Abbildung 13: Fehlerpunkte (v.l.n.r.): normale und hohe Wettkampfgeschwindigkeit, mit und ohne Vorinformation (gestreifter Balken: Sarah; weißer Balken: Maike, M_V1 = normale Geschwindigkeit, M_V2 = hohe Geschwindigkeit, M_BEK = Mittelwert der bekannten Sequenzen, M_UNBEK = Mittelwert der unbekannten Sequenzen)

Die Ergebnisse von Sarah und Maike sind sich, abgesehen von Sarahs Trefferleistung in der Sequenz 1, sehr ähnlich. Die schlechteren Leistungen von Sarah bei schnellen Bewegungen sowie bei bekannten Sequenzen sind den Trainern zurückzumelden, um möglicherweise mit Sarah vor allem den Umgang mit schnellen Bewegungen zu trainieren.

Zusammenfassend sind die vergleichenden Einzelfallanalysen bedeutsam in dem Sinne, in dem sie den Trainern eine Reihe von Bedingungen aufzeigen, in denen sich Spieler unterscheiden. Die Unterschiede zwischen Hermann und Kathrin sind größer als zwischen Sarah und Maike und bedürfen einer genauen Analyse vor der Umsetzung von Rückmeldungen an die Spieler. Weitere Variablen, die möglicherweise die Unterschiede moderieren können, werden nicht im Detail beschrieben. Beispielsweise sind das Trainingsalter und der Umfang der wöchentlich trainierten Stunden keine Einflussfaktoren, da im Vergleich Hermann und Kathrin sowie im Vergleich Sarah und Maike der Unterschied des wöchentlichen Trainingsumfanges nur eine Stunde beträgt.

2.5.1.4. Diskussion der gruppen- und einzelfallbezogenen Analysen der Trefferergebnisse

Das Beispiel von Hermann sowie die Mittelwerte der Stichprobe zeigen, dass die Trefferleistungen von der Geschwindigkeit und der Vorinformation abhängen. Die Sequenzunterschiede fallen jedoch eher geringer aus und sind individualanalytisch zu prüfen, wie dies am Beispiel der Sequenz 4 bei Hermann gezeigt wurde. Beispielsweise erklären sich die Bundestrainer (auf Nachfrage) die guten Leistungen von Hermann in der Sequenz 4 damit, dass Hermann im Vergleich zum Mittel der Gruppe durch gute Beinarbeit und damit schnellerer Bereitschaftsstellung für den nächsten Schlag auffällt. Die Rückmeldung dieser Effekte soll die Aufmerksamkeit der Trainer beispielsweise auf Vorbereitungsaspekte der Bewegung und grundlegendere Fähigkeiten wie Antizipationsprozesse und Blickstrategien lenken, die möglicherweise alternative Erklärungen für diese Unterschiede sind. Zudem (allerdings ist dies auf der Grundlage dieser Daten nicht zu prüfen) lassen sich solche Unterschiede auch durch die individuellen Ausprägungen im Training erklären.

Warum steigen nicht konsequent die Fehlerwerte mit steigender Anzahl von Technikübergängen? Wir nehmen an, dass mit steigender Anzahl der Technikwechsel die Trefferleistung sinkt und damit der dargestellte Wert steigt, weil in der Regel die Beibehaltung von konstanten Ausgangsbedingungen und Ergebniskonstanz innerhalb einer Technik zu besseren Treffern führt (Wie-Entscheidung) als die zusätzliche Veränderung der Technikauswahl (Was-Entscheidung), wie beispielsweise bei Roth (1989) für Tischtennis gezeigt. Das ist jedoch nur bedeutsam, gemittelt über alle Sportler, beim Übergang zwischen der Sequenz 2 und der Sequenz 3. Möglicherweise sind die relativen hohen Fehlerwerte in der ersten, nur einen Technikwechsel beinhaltenden Sequenz dadurch zu erklären, dass die Versuchsteilnehmer durch das Einspielen nicht genügend vorbereitet waren. Die Möglichkeit eines Reihenfolgeeffektes kann nicht geprüft werden, da alle Spieler dieselbe Reihenfolge der Sequenzen erhielten. Die Gewöhnung an die Testsituation dauert eventuell länger als die Einspielphase und wirkt sich möglicherweise zunächst auf die schlechte Trefferleistung aus. Der niedrige Wert der vierten Sequenz kann dadurch erklärt werden, dass es sich um eine im Systemtraining häufig gespielte Übung (genannt „1-1“) mit einem guten Rhythmus (abwechselnd Vorhand- und Rückhandschlag) handelt. Die Trefferleistung wird durch eine bereits bekannte Aufgabe positiv beeinflusst. Diese Argumentation kann nur dadurch erhärtet werden, dass Informationen über die Häufigkeit

einzelner Übungen für jeden Spieler erhoben werden. Da dieser Effekt nicht im selben Maße in der Gruppe auftritt (vgl. die Breite der Streuungsmatrix in der Sequenz 4 im Vergleich zu den anderen Sequenzen in Abbildung 9) kann diese Argumentation später überprüft werden. Insgesamt sind die Sequenzunterschiede gering (statistisch lassen sich nur die Sequenz 2 und Sequenz 3 absichern) und sprechen für eine Reduzierung der Stufen dieses Faktors, wenn man nur die Trefferleistungen berücksichtigt. Im Folgenden sind für die Diagnostik zunächst einmal die Hypothesen für die Bewegungen in den unterschiedlichen Bedingungen zu prüfen.

2.5.2 Bewegungsanalyse

2.5.2.1. Analyse der Effekte als zentrale Tendenz für Hypothesen 2a bis 3c

Die Bewegungsanalyse, wie bereits oben erörtert, ist über Spieler schwierig, da die Daten von Simi-Motion nicht einfach aufaddiert werden können. Aufgrund der unterschiedlichen Armlängen der Spieler sind somit beispielsweise Variabilitäten in den Daten erzeugbar, die sich nicht auf Unterschiede zwischen Schlägen, sondern zwischen Spielern zurückführen lassen. Für die Bedingungen gilt ein ähnliches Problem, die Analyse von Bewegungslängen, Schlaggeschwindigkeiten, Winkeln und weiteren möglichen Parametern von Schlägen unterscheidet sich zwischen Vorhand- und Rückhandschlägen, sodass eine Mittelung über Sequenzen mit unterschiedlicher Anzahl von Übergängen und Vorhand- und Rückhandschlägen erschwert wird. Eine Möglichkeit, diese Probleme zu beheben, sind Komponentenanalysen (vgl. Kap. 2), die unabhängig von den individuellen Raum- und Zeitparametern Ähnlichkeiten von Bewegungsteilen oder Bewegungen extrahieren.

Tabelle 9: Komponentenstruktur Prä-/Posttest der Technikoptimierung

Faktor	Anzahl Komponenten	Struktur der Komponenten
Bekannte Strukturen		
Sequenz 2	2	E (y)
Geschwindigkeit 1		S(y)
Sequenz 3	3	H(x),E(x),S(y)
Geschwindigkeit 1		E(y),S(z)
Sequenz 2	3	H(x),E(x)
Geschwindigkeit 2		S(y),E(y)
Sequenz 3	4	S(x),E(x)H(x)
Geschwindigkeit 2		E(z),S(z)
Unbekannte Strukturen		
Sequenz 2	3	T(x),H(x),E(x),S(x)
Geschwindigkeit 1		S(y),T(y),E(y)
		E(z),S(z),H(z)
Sequenz 3	4	T(x),H(x),E(x),S(x)
Geschwindigkeit 1		E(z),S(z),H(z)
Sequenz 2	5	H(x),S(x),E(x)
Geschwindigkeit 2		E(z-),H(y)
		S(z),S(y)
Sequenz 3	5	H(x),E(x)
Geschwindigkeit 2		S(z,y)
		H(y+),E(y)

Anmerkungen: S= Schulter, E= Ellbogen, H= Handgelenk, T= Tischtennisschläger, x-Achse = links und rechts vom Spieler, y-Achse = vorne und hinten, z-Achse = oben und unten; Minuszeichen = negative hohe Ladung auf entsprechenden Faktor. Reihenfolge der Punkte und der x-, y-, z-Achsenbezeichnungen in Klammern nach Höhe der Ladung geordnet. Es sind nur Sequenz 2 und Sequenz 3 dargestellt, die auch in den späteren Analysen für den Prä-Posttestvergleich benutzt werden.

Die Tabelle liest sich wie folgt: Die Spalte Faktor bildet die Bedingungen der Sequenzen bei normaler und hoher Geschwindigkeit ab; zuerst für die bekannten Sequenzen und anschließend für die unbekannten Strukturen beziehungsweise Reihenfolgen von Vorhand- und Rückhandschlägen. Die Anzahl der Komponenten entspricht dem Ergebnis der Faktorenanalysen, um mindestens 98% der Varianz in den Daten zu erklären. Die Struktur der Komponenten sind die Bewegungspunkte Schulter (S), Ellbogen (E), Handgelenk (H) und Tischtennisschläger (T). Die Angaben x, y oder z geben die Bewegungsrichtung an. Jede Komponente ist durch eine Zeile getrennt. Von oben nach unten entspricht diese Ordnung der Wichtigkeit der Komponenten an der Varianzaufklärung. Es sind nicht immer alle Komponenten dargestellt. Das Kriterium zur Darstellung war ein Mindestmaß an aufgeklärter Varianz von 10%. Die Reihe der Bewegungspunkte mit ihrer Richtung in jeder Komponente sind durch Kommata getrennt, und die Reihenfolge repräsentiert die Ladung der Bewegungspunkte zu dem Faktor. Zusätzlich wurde hinter eine Richtungsebene ein Minus- oder ein Pluszeichen eingefügt. Diese Darstellung entspricht einer negativen oder positiven Korrelation zu der Ausrichtung der entsprechenden Komponenten, wenn nicht alle Komponenten in dieselbe Richtung laden.

Hypothese 2a: Je höher die Geschwindigkeit desto mehr Komponenten in der Bewegung

Die Anzahl der Komponenten innerhalb der bekannten und unbekannten Strukturen von normaler zu hoher Geschwindigkeit nimmt zu.

Hypothese 2b: Je höher die Vorinformation desto weniger Komponenten in der Bewegung

Für bekannte Strukturen werden im Mittel weniger Komponenten zur Aufklärung der Bewegungsvarianz gebraucht als für die unbekannten Strukturen. Dies entspricht den Vorhersagen, dass bei unbekannter Reihenfolge mehr Bewegungskomponenten vorhanden sind.

Die zusätzliche Analyse liegt in der Struktur der Komponenten, die darüber Aufschluss geben, wie strukturelle Variationen zwischen den Bedingungen auftreten. Zunächst einmal ist festzustellen, dass Bewegungskomponenten sich überwiegend aus zwei bis drei Bewegungspunkten über die Gelenke hinweg, aber in einer Ebene, konzentrieren. Die Komponentenstruktur zeigt zudem, dass überwiegend benachbarte Bewegungspunkte Komponenten abbilden. Zum Beispiel gibt es keine Komponenten, in denen Hand und Schulter ohne den Ellbogen eine Komponente bilden, oder Tischtennisschläger und entfernte Bewegungspunkte wie Schulter oder Ellbogen allein eine Komponente darstellen.

Zur Prüfung der Hypothesen 3a bis 3c (vgl. Kap. 2.1.1) müssen die einzelnen Kennwerte für die Bewegungen aus der Gesamtsequenz extrahiert werden. Für die Analyse zur Überprüfung der Hypothese 3a (Tiefe der Ausholbewegung) ist zu gewährleisten, dass die y-Achsen-Werte des Handgelenks (als Indikator wie weit ausgeholt wurde) in Relation zum Tischtennistisch berechnet werden. Dies wird relativ anstatt absolut vorgenommen, da durch unterschiedliche Definitionen des Fixpunktes (Tischmitte) absolute Werte möglicherweise nicht den realen Ausholpunkt im Raum beschreiben. Für die Hypothese 3a ist ohnehin bedeutsam, ob Spieler unter oder über dem Tisch ihre Ausholbewegung beginnen. Da die Digitalisierung der Bewegungen pro Sequenz immer mit dem tiefsten Punkt der ersten Ausholbewegung beginnen, ist das Prüfen der y-Werte zu den Ausholbewegungen unproblematisch. Schwieriger wird die Analyse für die Hypothesen 3b (Varianz der Bewegung) und 3c (Entfernung des Ellbogens vom Körper). Für die Analyse der Varianz der Bewegungen sind viele Einflussgrößen denkbar. Neben der Einspielgenauigkeit des Trainers, sind die genauen Extraktionspunkte der einzelnen Bewegungen schwierig. Zur Lösung des ersten Problems wurden nur die Sequenzen für die Analyse der Varianz der Bewegungen benutzt, die in der üblichen Bandbreite der Bälle zur Mitte des Tisches lagen. Dies wurde von den beiden Digitalisierungsassistenten nach Augenmaß vorgenommen. Zudem wurden nur die Sequenzen genommen, in denen keine Bälle von dem Spieler ins Netz bzw. ins Aus geschlagen wurden, da hier eine erhöhte Streuung nach der jeweiligen und folgenden Bewegung vorliegen könnte, die nicht direkt mit einer standardisierten Bewegung, sondern einer internen

Fehlerkorrektur in Zusammenhang steht. Diese beiden Vorgehensweisen ermöglichten zudem, auf beiden Seiten (der Bewegung und der Treffer) Sequenzen mit Extremwerten zu extrahieren. Das Problem der genauen Zeitpunkte der Extraktion wurde dadurch erhöht, dass neben der Definition der Ausholbewegung (niedrigster y-Wert des Handgelenks), für das Ende der Bewegung der Ballkontakt genommen wurde (unter der absichtlichen Ausschließung der Ausschwingphase nach Ballberührung, da es schwierig ist, zwischen Teil der Bewegung und Teil des Anfanges des Überganges zwischen den Techniken zu unterscheiden). Zudem wurden für die Berechnung der Varianzen auch nur die mittleren drei Schläge berechnet, um nicht mögliche weitere Varianzen der Bewegungen am Anfang und am Ende zu erfassen, die sich nicht auf in Sequenz geschlagene Bälle beziehen. Zum Beispiel sind mit positionsspezifischen Analysen der Treffer innerhalb der Sequenz die höchsten Fehler und größten Varianzen beim letzten Schlag gefunden worden (bekannte Sequenzen $M = 2.91$, $SD = 1.07$; bekannte Sequenzen $M = 3.38$ $SD = .96$). Möglicherweise ist neben dem Positionseffekt aufgrund der vermehrten Technikübergänge am Ende der Sequenz einfach ein schnellerer Schlag bei der letzten Bewegung eingesetzt worden, der die geringeren Treffer erklären könnte. Da dies nur mit weiteren Analysen geklärt werden kann (z.B. Veränderung der Schlaggeschwindigkeit über die Positionen), ist ein konservatives Ausschlusskriterium die Analyse der mittleren Schläge. Für die Analyse der Entfernung des Ellbogens vom Körper wird pro Spieler die Differenz der x-Werte des Ellbogengelenks relativ zum Schultergelenk berechnet und die Entfernung mit den meisten Treffern als Indikator für eine optimale Entfernung benutzt.

Hypothese 3a: Ausholbewegung

Nach Leitbild sollte die Ausholbewegung nicht unter Tischtennistischniveau stattfinden. Hypothese 3a nahm an, dass entsprechend des Leitbildes die Bewegungen, die unter Tischniveau anfangen, zu schlechteren Leistungen führen als die Bewegungen, die über Tischniveau anfangen. Die Analyse der über alle Spieler gemittelten Schläge ergab, dass überwiegend unter Tischniveau – entgegen dem Leitbild – ausgeholt wurde. Tabelle 10 fasst die absoluten Werte unterhalb und oberhalb des Tischniveaus sowie die prozentualen Anteile dieser Bewegungen für die einzelnen Bedingungen der Diagnostik zusammen.

Tabelle 10: Absolute Werte der Ausholbewegung, prozentualer Anteil der Bewegungen oberhalb und unterhalb der Tischkante sowie die Trefferleistung im Mittel für die Sequenzen 2 und 3, die zwei Geschwindigkeiten sowie für bekannte und unbekannte Strukturen. Angaben in cm

Faktor	Absolute Ausholbewegung (cm)	Prozentualer Anteil unter Tischkante	Trefferleistung (Fehlerpunkte)
Bekannte Strukturen			
Sequenz 2 Geschwindigkeit 1	-23 (10)	65,85%	2,27
Sequenz 3 Geschwindigkeit 1	-28 (01)	74,6%	2,41
Sequenz 2 Geschwindigkeit 2	-32 (01)	87,85%	3,19
Sequenz 3 Geschwindigkeit 2	-22 (13)	91,45%	3,13
Unbekannte Strukturen			
Sequenz 2 Geschwindigkeit 1	-15 (18)	61,95%	2,27
Sequenz 3 Geschwindigkeit 1	-32 (01)	93,35%	2,93
Sequenz 2 Geschwindigkeit 2	-33 (01)	93,75%	3,93

Sequenz 3	-26 (18)	98,55%	4,04
Geschwindigkeit 2			

Anmerkungen: Die absolute Ausholbewegung (Mittelwert und Standardabweichung in Klammern) bezieht sich auf die Differenz von Tischkante zu Handgelenk-Wert im Raum für die y-Achse. Negative Werte entsprechen einer Ausholbewegung unterhalb der Tischkante und positive Werte entsprechen einer Ausholbewegung oberhalb der Tischkante. Es sind nur Sequenz 2 und Sequenz 3 dargestellt.

Eine statistische Berechnung der Unterschiede ist aus mehreren Gründen nur schwer möglich. Erstens gibt es eine Reihe von Spielern, die prinzipiell unterhalb der Tischkante ausholen, in der Sequenz 3 sogar fast alle. Dies führt dazu, dass bei einer Teilung von Schlägen unter Tischkante und über Tischkante unterschiedlich viele Spieler in die Analyse ausgewählt werden. Da Signifikanzen in möglichen Korrelationsanalysen zwischen Treffern und Ausholweite auch von der N-Zahl abhängen, sind hier bei listen- und fallweise basierten Exklusionsverfahren eine Reihe von großen Unterschieden zu erwarten, die die wahren Differenzen überdecken. Zweitens existiert dasselbe Problem auch für die Analyse der Bedingungen, die aufgrund der nicht-verwertbaren Datenpunkte variieren können sowie durch das Problem, dass viel mehr Datenpunkte zum Bereich der Ausholbewegung unter Tischkante als über Tischkante vorliegen. Drittens sind die Trefferleistungen mit den Bedingungen konfundiert, die beispielsweise durch eine erhöhte Anzahl von Übergängen oder Geschwindigkeiten zu mehr Ausholbewegungen über der Tischkante führen als ohne. Eine über alle Bedingungen und Spieler gemittelte Auswertung von Schlägen über und unter Tischkantenniveau erscheint jedoch kaum irgendwelcher Interpretation zugänglich. Durchaus können die Trefferleistungen außer in den folgenden einzelfallanalytischen Darstellungen und Vergleichen zumindest für die prozentualen Anteile von Schlägen über und unter Tischkante in den einzelnen Bedingungen beschrieben werden. Wie in Tabelle 10 aufgezeigt, gibt es hier einen relativ klaren Zusammenhang zwischen Trefferleistung und prozentualem Anteil von Schlägen unterhalb der Tischkante. Hohe Prozentzahlen an Schlägen unterhalb der Tischkante stimmen mit hohen Fehlerwerten überein. Nur bei Sequenz 3 und Geschwindigkeit 2 bei bekannten Strukturen ist der Prozentwert höher als zur Sequenz 2 unter denselben Bedingungen jedoch bei etwa gleicher Trefferleistung. Für die absoluten Werte ist in bekannten und unbekannten Sequenzen ebenfalls zutreffend, dass das zumeist tiefere Ausholen unter Tischkanten-Niveau mit höheren Fehlern zusammenhängt. Allerdings ist dies weder bei den bekannten noch unbekannten Strukturen für die Sequenz 3 bei hoher Geschwindigkeit der Fall.

Hypothese 3b: Variabilität der Bewegung

Die Variabilität der Bewegung wird durch die gemittelte Varianz aller Schläge innerhalb einer Sequenz und gemittelt über alle Sequenzen innerhalb einer Bedingung über alle Spieler für alle neun möglichen Freiheitsgrade der Bewegung errechnet. Das heißt, dass die Varianz der Gelenke Schulter, Ellbogen, Handgelenk in allen drei Dimensionen gemittelt pro Spieler und pro Bedingungen als Mittelwert tabellarisch veranschaulicht wird. Die Varianzen in den einzelnen Bedingungen können dann mit den jeweiligen Trefferleistungen korreliert werden, um zu überprüfen, ob geringe Bewegungsvarianz mit guten Trefferleistungen zusammenhängt. Pro Sequenz und Spieler werden damit in etwa (in Abhängigkeit der auswertbaren Datenpunkte) 1875 Punkte pro Raumdimension (x-, y-, z-Achse) und Gelenk (Schulter, Ellbogen, Handgelenk) verwertet.

Tabelle 11: Variabilitäten als Varianz gemittelt über Spieler und Sequenzen innerhalb einer Bedingung (m)

	Sequenz 2 Geschwindigkeit 1	Sequenz 3 Geschwindigkeit 1	Sequenz 2 Geschwindigkeit 2	Sequenz 3 Geschwindigkeit 2
Bekannte Strukturen				
SCHULTER_X	0.343	0.251	0.319	0.166
SCHULTER_Y	0.172	0.122	0.137	0.067
SCHULTER_Z	0.099	0.089	0.074	0.054

ELLBOGEN_X	0.246	0.211	0.242	0.172
ELLBOGEN_Y	0.255	0.237	1.786	3.740
ELLBOGEN_Z	0.043	0.033	0.038	0.016
HAND_X	0.275	0.224	0.273	0.176
HAND_Y	0.102	0.086	0.122	0.074
HAND_Z	0.036	0.015	0.027	0.007
Gesamt	0.175	0.141	0.335	0.497
Unbekannte Strukturen				
SCHULTER_X	0.318	0.320	0.356	0.350
SCHULTER_Y	0.143	0.153	0.169	0.157
SCHULTER_Z	0.095	0.094	0.087	0.099
ELLBOGEN_X	0.315	0.256	0.390	0.380
ELLBOGEN_Y	0.259	0.267	0.304	0.265
ELLBOGEN_Z	0.023	0.018	0.023	0.039
HAND_X	0.361	0.299	0.470	0.479
HAND_Y	0.118	0.095	0.130	0.135
HAND_Z	0.023	0.027	0.025	0.097
Gesamt	0.184	0.170	0.217	0.222

Anmerkungen: Die geringen Variabilitäten in der z-Dimension liegen an den geringen Daten, die in dieser Komponente verwertet werden konnten, sowie daran, dass die z-Achse die Bewegung nach vorne beschreibt und durch den frühen Abbruch bei Treffpunkt des Balles die Variabilität in dieser Achse gering ausfällt.

Die Korrelation von Fehlerwerten mit der Variabilität der Bewegung, gemittelt über alle neun Freiheitsgrade, ergab keine signifikanten Zusammenhänge für die Bedingungen. Die Korrelationen sind zwar alle negativ, das heißt höhere Variabilität hängt eher mit geringeren Fehlerwerten zusammen, jedoch liegen die Korrelationen für die einzelnen Bedingungen zwischen $r = .098$ und $r = -.35$. Auf der Mittelwertebene sind damit keine bedeutsamen Zusammenhänge zwischen Variabilität der Bewegungen und der Trefferleistungen feststellbar.

Hypothese 3c: Ellbogenentfernung zum Körper

Die Hypothese 3c beschreibt, dass zu enge oder zu weite Ellbogenentfernungen von der Schulter zu schlechteren Leistungen führen, als mittlere Entfernungen von Schulter und Ellbogen.

Tabelle 12. Mittelwerte und Standardabweichungen für Ellbogen-Schulter Abweichungen in der x-Achse für bekannte und unbekannte Strukturen in Sequenz 2 und Sequenz 3 bei normaler und hoher Geschwindigkeit

	Mittelwert der Ellbogen-Abweichung von der Schulter (cm)	Standardabweichung
Bekannte Strukturen		
Sequenz 2	14	(09)
Geschwindigkeit 1		
Sequenz 3	12	(08)
Geschwindigkeit 1		
Sequenz 2	12	(07)
Geschwindigkeit 2		
Sequenz 3	11	(08)
Geschwindigkeit 2		
Unbekannten Strukturen		
Sequenz 2	10	(09)
Geschwindigkeit 1		
Sequenz 3	09	(08)
Geschwindigkeit 1		
Sequenz 2	09	(09)
Geschwindigkeit 2		
Sequenz 3	12	(11)
Geschwindigkeit 2		

Wie bereits bei der Hypothese 3b sind die Korrelationen zwischen den Gruppenmittelwerten des Abstandes des Ellbogens von der Schulter in x-Richtung nicht signifikant zusammenhängend mit

der Trefferleistung. Es gibt zwar negative Zusammenhänge von $r = -.10$ bis $r = -.39$ zwischen mittlerem Abstand pro Bedingung und der Fehlerleistung, die darauf hindeuten, dass zu geringe Abstände zwischen Ellbogen und Schulter mit größeren Fehlern zusammenhängen (zu nahe am Ball, vgl. Kap. 1.3), diese fallen jedoch nicht signifikant aus. Die Unterschiede zwischen den Sequenzen in den Bedingungen sind zwar relativ hoch (vgl. Tabelle 12), jedoch sind zwischen den Bedingungen die mittleren Abweichungen nahezu bedeutungslos, sodass eine differenzierte Analyse wenig Erfolg verspricht.

2.5.2.2. Zusammenfassung der Ergebnisse der zentralen Tendenz

Die Hypothesen 2a bis 2c zur Bewegungsanalyse konnten bestätigen, dass sich die Komponenten der Bewegung mit zunehmender Anzahl von Technikwechseln erhöhen (Hypothese 2a), mit steigender Geschwindigkeit zunehmen und mit geringer Vorinformation ebenfalls ansteigen. Als einzige Ausnahme aus dieser Zusammenfassung ist bei der Hypothese 2a die Sequenz 4 anzusehen, die trotz einer hohen Anzahl von Technikübergängen eine relativ geringe Anzahl von Bewegungskomponenten anzeigt. Möglicherweise ist durch den sehr rhythmischen Verlauf der Sequenz von Vorhand-Rückhand-Vorhand-Rückhand eine vereinfachte Koordination vorweg möglich, die es der Struktur der Bewegung erlaubt, sich durch wenige Komponenten darzustellen. Eine mögliche Erklärung, dass in rhythmischen Aufgaben mit Wechsel der Bewegung eine Erschwerung der Ausführung derselben Bewegung hintereinander gefunden wird, liegt im Konzept des „inhibition of return“-Ansatzes, der eine erneute Kodierung derselben Bewegung als schwerer ansieht als ein systematischer Wechsel bei Bewegungssequenzen (vgl. Buckolz, Boulougouris, O'Donnell & Pratt, 2002).

Die Hypothesen zum Zusammenhang zwischen Bewegungsausführung und der Trefferleistung sind aus anwendungsorientierter Sicht sehr wichtig. In der Hypothese 3a wurde gezeigt, dass höhere Fehlerwerte bei Sequenzen mit höheren Anteilen von Schlägen unter der Tischkante vorkommen. Dieses Bild ist bis auf geringfügige Nichtübereinstimmungen bei der Sequenz 2 und Sequenz 3 bei bekannten Strukturen systematisch der Fall. Die Bedeutsamkeit dieses Befundes ist aufgrund der ungleichen Verteilungen nicht vorbehaltlos zu generalisieren. Interessant ist vor allem der Befund, dass trotz des anvisierten Leitbildes überwiegend unter dem Tischkantenniveau ausgeholt wird. Dafür gibt es eine Reihe von möglichen, hier nicht zu klärenden Ursachen. Beispielsweise wird das Leitbild von den Trainern nur innerhalb einer gewissen Toleranzgrenze verändert, die nur bei weitaus tieferen Ausholbewegungen greift. Zweitens kann es sein, dass der Trainer oft gar nicht die zu weite Ausholbewegung bemerkt. Wenn der Trainer wie üblich zumeist im Training von der anderen Tischseite Bälle zuspült, kann die Verfolgung des Balles auf die andere Seite und der Kaskadensprung zur anschließenden Ausholbewegung evtl. nur den Zeitpunkt der Ausholbewegung erfassen, der in etwa mit dem Leitbild übereinstimmt, obwohl der Spieler tatsächlich viel weiter unten ausgeholt hat. Die Annahme, dass dies vom Trainer einfach gesehen und korrigiert wird, scheint sich nicht zu bestätigen und befürwortet eine genauere Analyse der Effekte der Umsetzung der Leitbilder, der Toleranz der Abweichung sowie eine Analyse der visuellen Möglichkeiten des Trainers im Training, um solche Abweichungen zu erfassen. Die Hypothese 3b zur Variabilität der Bewegung sowie die Hypothese 3c zur Ellbogenentfernung zum Körper konnten nicht durch bedeutsame Zusammenhänge mit der Trefferleistung in Verbindung gebracht werden. Bevor die Hypothesen jedoch einfach verworfen werden, ist eine Analyse der Durchführung und Auswertung nötig. Eine mögliche Ursache für die Nichtexistenz von Zusammenhängen mit Variabilitätskennziffern der Bewegung oder Abstandsmaßen ist der hohe Messfehler in den aufgeführten Daten, der möglicherweise insgesamt die Varianz bei den Bewegungen beeinflusst. Damit ist eine klare Trennung von Daten, die sich auf hoch variable bzw. gering variable Bewegungen bzw. zu weiten oder zu geringen Abstand von

Schulter und Ellbogen beziehen, erschwert. Möglicherweise sind differenziertere Analysen der kompensatorischen und nicht-kompensatorischen Variabilität innerhalb und zwischen Freiheitsgeraden der Bewegung zu differenzieren, um ein geschlossenes Bild der Bewegungsvariabilität zu erfassen (vgl. Kap. 10, für eine ausführliche Diskussion dieses Punktes).

2.5.2.3. Exemplarische Einzelfallbewegungsanalyse

Die exemplarische Einzelfallanalyse hat das Ziel, die zentralen Technikmerkmale bei einem Spieler zu analysieren. Für die Veranschaulichung der Einzelfallanalyse wird der Spieler Hermann auf Wunsch der Bundestrainer benutzt.

Die Sollwertvorstellungen der einzelnen Techniken werden an die einzelnen Bewegungen angelegt und verglichen (vgl. Mason, 1986). Es werden im Folgenden die Ausholbewegung im Verhältnis zum Tischtennistisch, die Ellbogenbewegung weg vom Körper und Bewegungsbeschreibungen zwischen den Techniken behandelt.

Bei Hermann kann nun für jede einzelne Sequenz, bei jeder Geschwindigkeit sowie bei bekannter und unbekannter Sequenzfolge dieses Kriterium angewandt werden (vgl. Abb. 14).

Die Ausholbewegung

Wie bereits dargestellt ist der räumliche Startpunkt der Ausholbewegung als wichtiges Bewegungsmerkmal im Leitbild verankert und soll im Folgenden geprüft werden. Ein gutes Maß für die Güte der Ausholbewegung ist ihre geringe Variabilität in einem Startpunkt sowie die Höhe der Ausholbewegung (vgl. Leitbilder, Kapitel 1.3). Die Darstellung erfolgt, den Hypothesen gemäß, nach Sequenzen, Geschwindigkeiten sowie mit oder ohne Vorinformation und wird mit dem Gruppenmittelwert verglichen. Die ANOVA über die unterschiedlichen Bedingungen ergab einen signifikanten Unterschied hinsichtlich der y-Differenz des Handgelenkes zur Tischkante ($F(7, 243) = 8.2, p < .01, \eta^2 = .89$), die im Folgenden detailliert beschrieben wird.

Abbildung 14 zeigt bei normaler Geschwindigkeit und mit Vorinformation über die Reihenfolge der Sequenzen exemplarische Sequenzen 1 bis 4 für die Ausholbewegung in Relation zur Tischtennistische in der Mitte des Tisches.



Abbildung 14: Vertikalbewegung des Handgelenks bei Sequenzen mit Vorinformation und normaler Geschwindigkeit. Von oben nach unten die Sequenzen 1-4 (x-Achse Zeit in Sekunden, y-Achse Bewegung in Meter)

Als Referenzniveau ist die Tischhöhe in grau unter der Zeitachse eingetragen. Die Vertikalbewegung des Handgelenks bei normaler Geschwindigkeit und bekannten Sequenzen verdeutlicht am besten die Grundtechnik des Vorhand-Topspins und Rückhand-Konterschlags. In allen Sequenzen holt Hermann bei den Vorhandschlägen deutlich unter dem Tischtennistisch aus, was nicht der im Lehrplan vermittelten Sollbewegung beim Topspin auf Überschneit, so wie er eingespielt wurde, entspricht (im Mittel über alle Sequenzen bei -6 cm unter der Bedingung normale Geschwindigkeit und Vorinformation). Beim Rückhand-Konter sinkt das Handgelenk von Hermann nicht so stark unter Tischniveau, erreicht allerdings im Mittel immer noch Werte

um -16 cm. Zur Erinnerung ist für diese Bedingungen im Mittel der Gruppe eine etwas tiefere Ausholbewegung festgestellt worden (-28 cm, vgl. Tab. 10). Abbildung 15 zeigt die Vertikalbewegung des Handgelenks bei Sequenzen mit Vorinformation und hoher Geschwindigkeit

Auch bei hoher Geschwindigkeit zeigt sich bei Hermann ein zu weites Ausholen unter Tischniveau. Der Mittelwert liegt mit -22 cm unter dem der Bedingungen mit normaler Geschwindigkeit. Die erhöhte Geschwindigkeit der Sequenz (vgl. in den Abb. 14 und Abb. 15 die unterschiedliche Gesamtlänge der fünf Wiederholungen zwischen 30 und 40 Sekunden) erhöht den Druck, schnell zu schlagen und reduziert aufgrund des limitierenden Zeitfaktors die Ausholbewegung. Allerdings ist dies kein systematischer mittlerer Trend über alle Sequenzen. In Sequenz 2 liegt der Wert von -31 cm deutlich über dem Mittel der Ausholbewegung unter normaler Geschwindigkeit, während bei der Sequenz 3 mit einem Mittel von -13 cm deutlich geringere Ausholbewegungen realisiert werden. Eine Reduzierung dieser prinzipiellen Tendenz, kürzer auszuholen, ist weder innerhalb einer Sequenz noch über die Sequenzen hinweg nach fünfundzwanzig Schlägen festzustellen. Es ist also ein Technikmerkmal, das durch entsprechende Rückmeldungen und Übungen korrigiert werden sollte. Für die Bearbeitung der Zielstellung der Technikoptimierung innerhalb der Bewegungsmerkmale der Vorhand- und Rückhandtechniken werden im Folgenden die Bewegungen der Spieler dargestellt, wenn sie keine Vorinformation über die Platzierung des Balls besitzen. Hermann weiß nicht, dass dieselbe Gleichverteilung der Sequenzen erneut gespielt wird. Die Reihenfolge der eingespielten Sequenzen erfolgt zufällig, indem der Ballverteiler aus den vorgegebenen vier Sequenzen eine aussucht und durch Mitschrift des Ballverteilers gewährleistet wird, dass alle Sequenzen gleich oft vorkommen. Für jede Bedingung und jeden Spieler sind die Reihenfolgen innerhalb einer Sequenz also gleich, jedoch die Reihenfolge der Sequenzen unterschiedlich. Im Folgenden werden der Übersicht halber alle Sequenzen immer in derselben Reihung dargestellt.

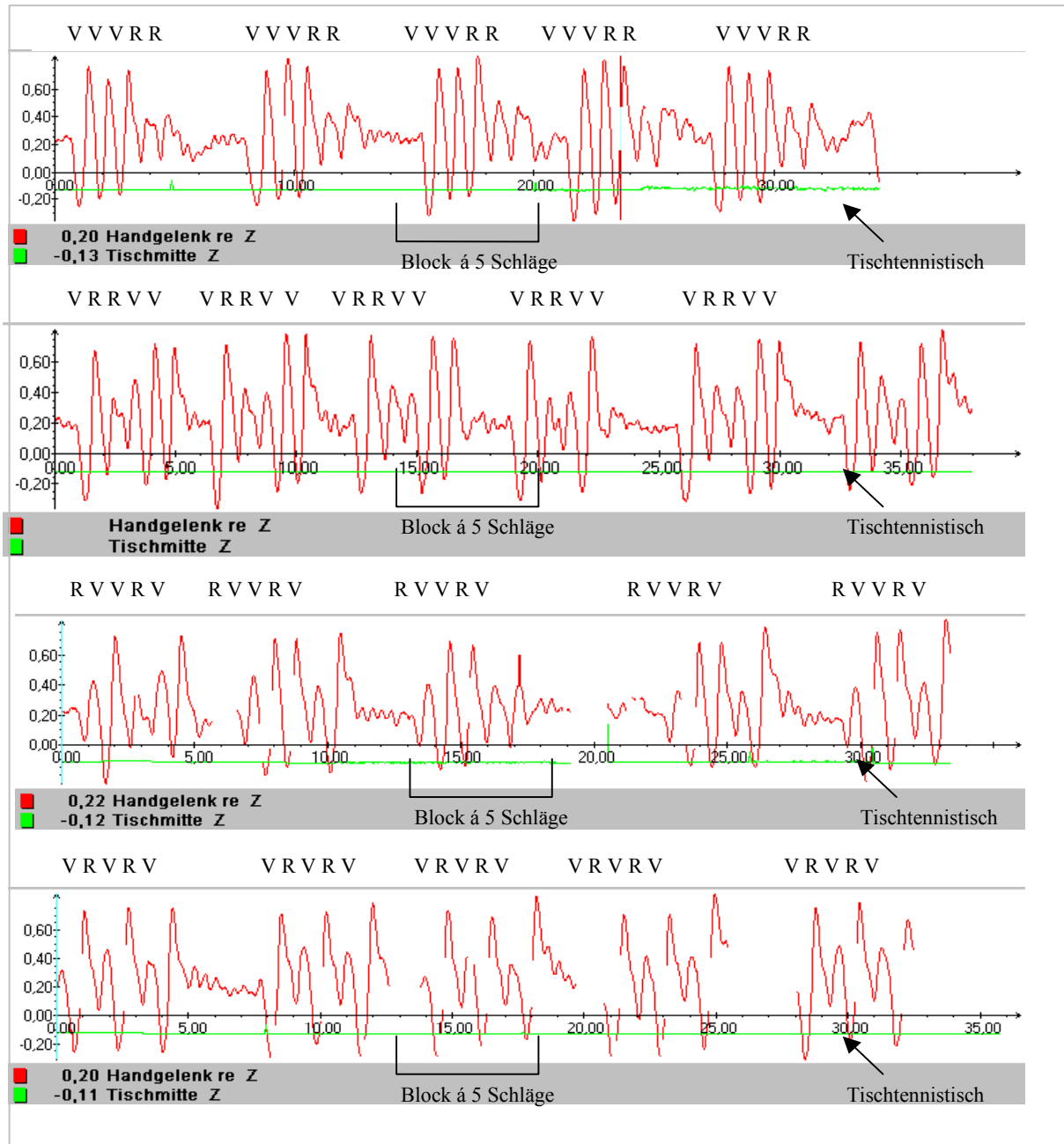


Abbildung 15: Vertikalbewegung des Handgelenks bei Sequenzen mit Vorinformation und hoher Geschwindigkeit. Von oben nach unten die Sequenzen 1-4 (x-Achse Zeit in Sekunden, y-Achse Bewegung in Meter)

Die Abbildungen 16 bis 19 zeigen die Vertikalbewegung des Handgelenks bei Sequenzen ohne Vorinformation über die Reihenfolge der Sequenzen und bei normaler Geschwindigkeit.

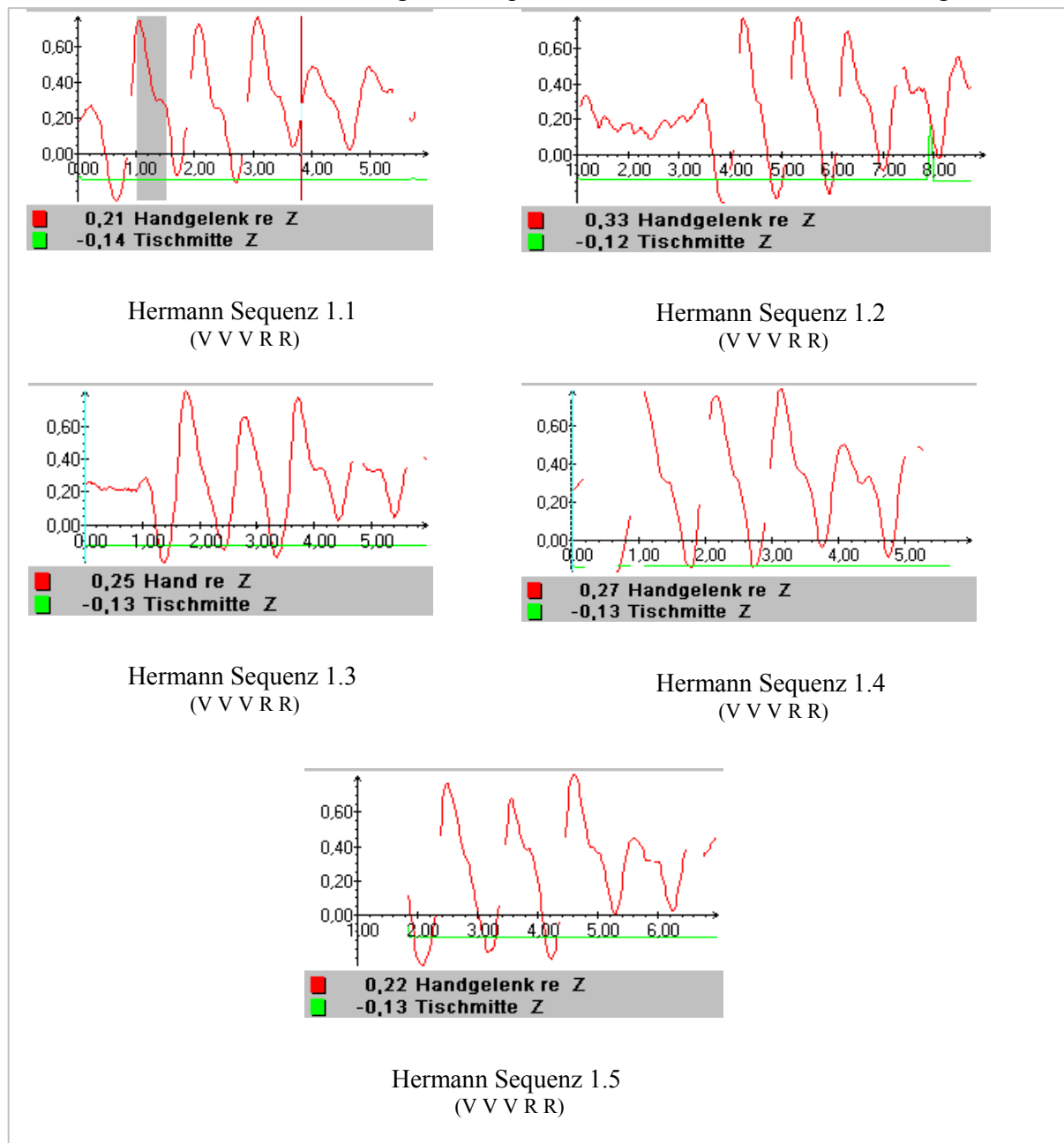


Abbildung 16: Vertikalbewegung des Handgelenks bei der Sequenz 1 ohne Vorinformation und normaler Geschwindigkeit. Von oben nach unten ist die Sequenz 1 in fünf Schlägen über den Gesamtdurchgang dargestellt (Bei Sequenz 1.1 wird mit dem Zeitfenster (grauer Balken) extrahiert, die sich auf die Trajektorien zwischen den Techniken beziehen. Fehlende Verbindungen zwischen Daten zeigen Bereiche an, in denen aus der Perspektive die Punktverfolgung nicht reliabel war. V = Vorhand, R = Rückhand.; (x-Achse Zeit in Sekunden, y-Achse Bewegung in Meter)

Ohne Vorinformation über die Reihenfolge der Sequenzen und damit ohne Vorinformation, ob der nächste Schlag mit der Vorhand oder Rückhand auszuführen ist, werden die Ausholbewegungen kürzer. Die Ausholbewegungen sinken immer noch unter Tischniveau. Wie bei den Sequenzen mit Vorinformation unter hoher Geschwindigkeit gibt es einen starken

Sequenzeffekt bei der Beschreibung der Ausholtiefe. Hermann holt bei der Sequenz 1 relativ durchschnittlich aus ($M = -21$ cm). Während er bei der Sequenz 2 (vgl. Abb. 17) nahezu auf der Höhe des Tischtennistisches ausholt ($M = -02$ cm), holt er bei Sequenz 3 (vgl. Abb. 18) überdurchschnittlich weit aus ($M = -32$ cm). Die Interpretationen über Unterschiede in der Gesamtbewegungsamplitude und Fläche unter der Kurve sind ebenfalls hilfreich, um diesen Unterschied genauer zu analysieren. Sind beispielsweise die Amplituden bei Schlägen unterschiedlich groß und ergeben Werte über die Geschwindigkeit, dass die Technik mit dem geringeren Beschleunigungsweg langsamer ist, dann sind Empfehlungen hinsichtlich der Bewegungsausführung beim Treffpunkt zu geben, ohne ein Ausholen weiter unter dem Tisch zu erzeugen. Unterscheiden sich die Amplituden in ihrer Breite in den verschiedenen Schlägen unter verschiedenen Bedingungen, so sind entsprechende Bewegungen, die außerhalb der Schlagrichtung liegen, zu korrigieren. Zu beachten ist außerdem der leichte „Knick“ in der Kurve beim Schlagübergang (oben links bei s1.1 grau markiert). Der Übergang zum nächsten Schlag erfolgt also nicht direkt, sondern der Schläger wird abgebremst. Dabei sind in der Analyse auch Abschätzungen zu ziehen, inwieweit es sich um ein Abbremsen der Bewegung oder um eine in der zweidimensionalen Abbildung nicht sichtbare andere Bewegungsrichtung handelt. Im Leitbild eines direkten Überganges wäre das zu starke Absinken des Armes nicht gewünscht. Dies lässt sich teilweise auch bei Sequenz 2 (Vh/Rh/Rh/Vh/Vh) beobachten, wie die folgende Abbildung zeigt, allerdings sind im Durchschnitt deutlich geringere Ausholbewegungen zu verzeichnen.

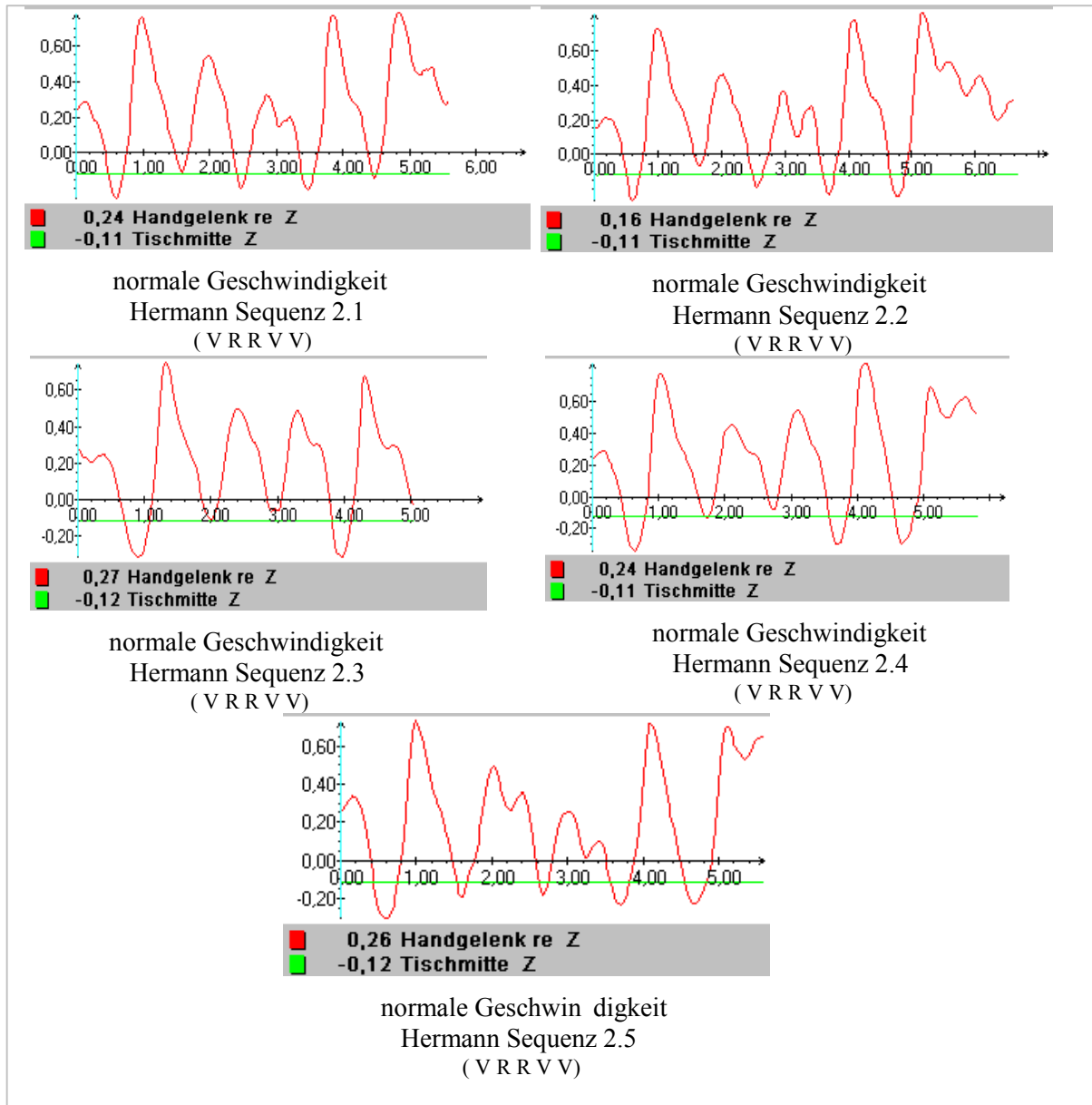


Abbildung 17: Vertikalbewegung des Handgelenks bei der Sequenz 2 ohne Vorinformation und normaler Geschwindigkeit. Von oben nach unten ist die Sequenz 2 in fünf Schlägen über den Gesamtdurchgang dargestellt. V = Vorhand, R = Rückhand (x-Achse Zeit in Sekunden, y-Achse Bewegung in Meter)

Inwieweit das einzelne Ausholen unter Tischniveau als zu korrigierender Fehler zu bewerten ist, wird bei der Zusammenfassung im Detail beschrieben. Die Kurven ähneln sich insgesamt sehr. Allerdings variieren die Extrem- und Wendepunkte sowie die Nullstellen der Bewegung. Die Ursache wird später ausführlich diskutiert. Die Amplitude ist für den Rückhandschlag geringer als für den Vorhand-Topspin, was auch dem aktuellen Technikleitbild entspricht. Die Konterbewegung soll nämlich mehr nach vorne als nach oben gerichtet sein, denn das Hauptziel dieses Schlages ist nicht die Rotation wie beim Topspin, sondern die Geschwindigkeit. Die folgende Abbildung illustriert die Vertikalbewegung des Handgelenks beim Spielen der Sequenz 3, die mit einem Rückhandkonter beginnt.

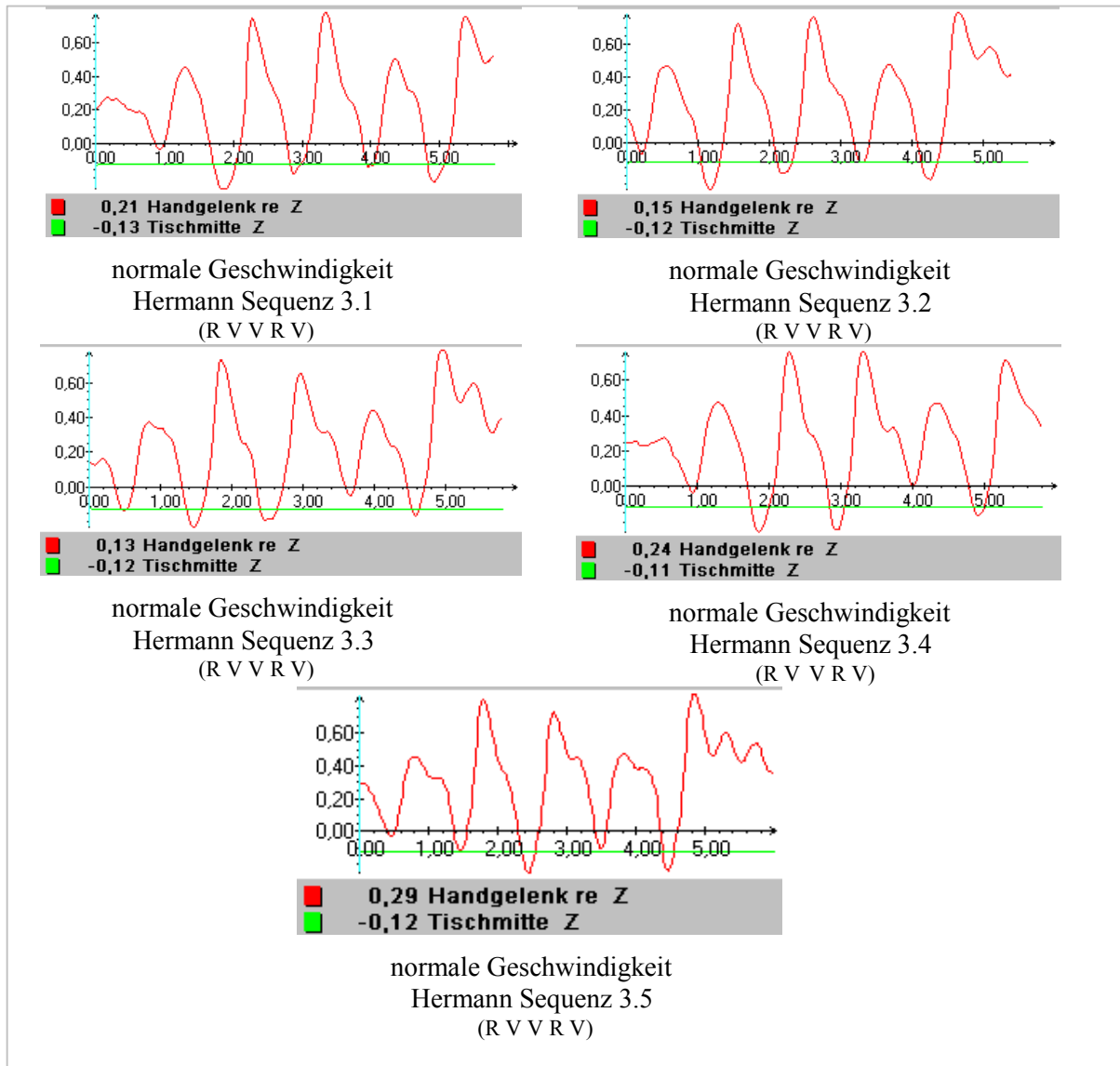


Abbildung 18: Vertikalbewegung des Handgelenks bei der Sequenz 3 ohne Vorinformation und normaler Geschwindigkeit. Von oben nach unten ist die Sequenz 3 in fünf Schlägen über den Gesamtdurchgang dargestellt. V = Vorhand, R = Rückhand (x-Achse Zeit in Sekunden, y-Achse Bewegung in Meter)

Sehr deutlich zeigt sich wieder der vermehrte Fehler in der Ausholbewegung, wenn man den strikten Auslegungen des Leitbildes folgt. Auch bei den Rückhandschlägen holt Hermann unterschiedlich tief aus. Beispielsweise ist der zweite und vierte Schlag weit unter dem Tischtennistisch. Knicke lassen sich ebenfalls bei allen fünf Wiederholungen erkennen.

Sequenz 4, bei der abwechselnd Vorhand- und Rückhandbälle eingespielt werden, ist in der folgenden Abbildung dargestellt. Auch hier hat der Spieler keine Instruktionen darüber erhalten, wohin der Ball gespielt wird.



Abbildung 19: Vertikalbewegung des Handgelenks bei der Sequenz 4 ohne Vorinformation und normaler Geschwindigkeit. Von oben nach unten ist die Sequenz 4 in fünf Schlägen über den Gesamtdurchgang dargestellt. V = Vorhand, R = Rückhand (x-Achse Zeit in Sekunden, y-Achse Bewegung in Meter)

Zusammenfassend kann für die Bewegungen ohne Vorinformation mit normaler Geschwindigkeit festgehalten werden, dass die Ausholbewegungen etwas kürzer werden, allerdings immer noch unter dem Tischniveau beginnen. Da das Ausholen auch bei unbekannten Sequenzen zu tief erfolgt, sind geeignete Toleranzgrenzen zu definieren, um entsprechend bei der Intervention Veränderungen zu bewirken. Es zeigen sich außerdem deutliche Knicke in den Kurven, und zwar im Übergang zwischen den Schlägen. Das kann daran liegen, dass der Spieler den Schläger aufgrund der fehlenden Information über die Platzierung des nächsten Balles in den meisten Fällen nicht direkt in die Ausholposition für den nächsten Schlag bringen kann. Bei guter Antizipation (im Sinne der Vorhersage der Schlagrichtung, vgl. Ripoll, 1989) ist der Knick in der Kurve weniger ausgeprägt. Innerhalb einer Sequenz unterscheiden sich die Kurven vor allem in der Bewegungsamplitude, wenn es sich um Vorhand und Rückhand handelt, während innerhalb einer Technik die Variabilität relativ gering ausfällt. Die charakteristischen Merkmale der Bewegungen stimmen überein, das heißt, ob die Sequenz zum ersten, dritten oder fünften Mal gespielt wird, hat keinen Einfluss auf die Bewegungen.

Im Folgenden werden die Bewegungen bei höherem Einspieltempo dargestellt. Der Spieler hat weiterhin keine Information darüber, wohin der Ball eingespielt wird. Die Abbildungen 20-23 zeigen die Vertikalbewegung des Handgelenks bei Sequenzen ohne Vorinformation und mit hoher Wettkampfgeschwindigkeit.

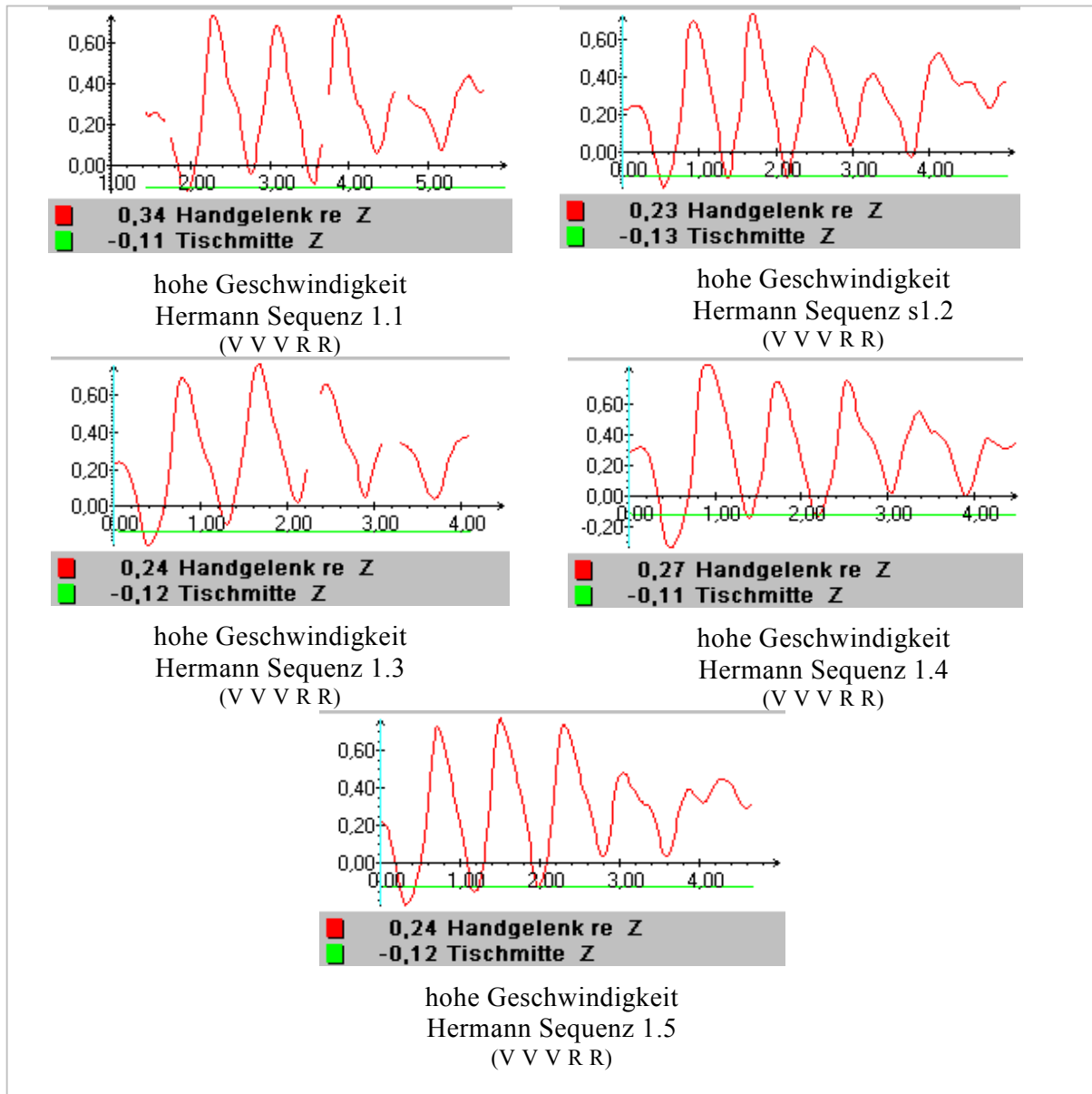


Abbildung 20: Vertikalebewegung des Handgelenks bei der Sequenz 1 ohne Vorinformation und mit hoher Geschwindigkeit. Von oben nach unten ist die Sequenz 1 in fünf Schlägen über den Gesamtdurchgang dargestellt. V = Vorhand, R = Rückhand (x-Achse Zeit in Sekunden, y-Achse Bewegung in Meter)

Beim Spielen der ersten Sequenz (dreimal Vorhand, zweimal Rückhand) mit höherem Einspieltempo ist Hermanns Fehler des zu tiefen Ausholens nicht mehr so stark ausgeprägt. Dies erklärt sich dadurch, dass hier größerer Zeitdruck als beim normalen Einspielen besteht. Durch die erhöhte Einspielfrequenz wird die Zeit zwischen den Schlägen knapper. Das Handgelenk sinkt nur beim Ausholen vor dem ersten Schlag unter Tischniveau und erreicht im Mittel unterdurchschnittliche Werte um $M = -23$ cm, während im Gruppenmittel unter dieser Bedingung etwa 10 cm tiefer ausgeholt wird. Bei Sequenz 2 jedoch ist zu erkennen, dass sich der Fehler auch bei hohem Spieltempo wiederholt und im Mittel einen Wert von -34 cm erreicht (die Gruppe hat im Mittel -33 cm).

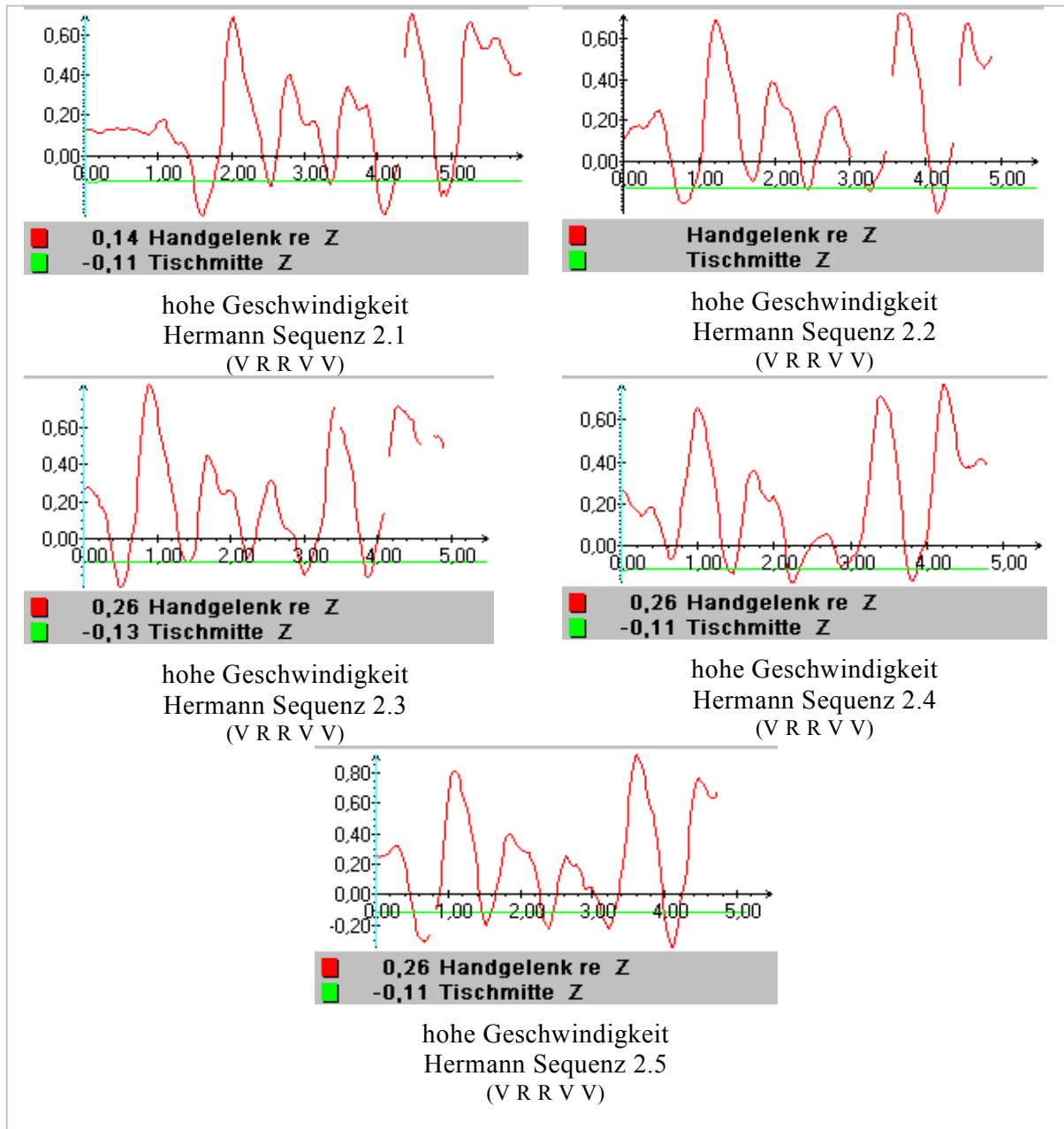


Abbildung 21: Vertikalbewegung des Handgelenks bei der Sequenz 2 ohne Vorinformation und mit hoher Geschwindigkeit. Von oben nach unten ist die Sequenz 2 in fünf Schlägen über den Gesamtdurchgang dargestellt. V = Vorhand, R = Rückhand (x-Achse Zeit in Sekunden, y-Achse Bewegung in Meter)

Hier wird besonders deutlich, wie Hermann unter Tischniveau unterschiedlich weit ausholt. Zwischen Vorhand- und Rückhandschlägen besteht in der Amplitude ein relativ großer Unterschied. In der folgenden Abbildung ist die Sequenz 3 dargestellt. Die im Vergleich zu den anderen Bedingungen hohe Varianz in der Ausholbewegung und einiger Schläge mit Ausholbewegung über der Tischtenniskante führt dazu, dass die mittlere Ausholbewegung mit $M = -12$ cm relativ gering zum Mittel der Gruppe in dieser Bedingung ausfällt (Gruppe mit $M = -26$ cm).

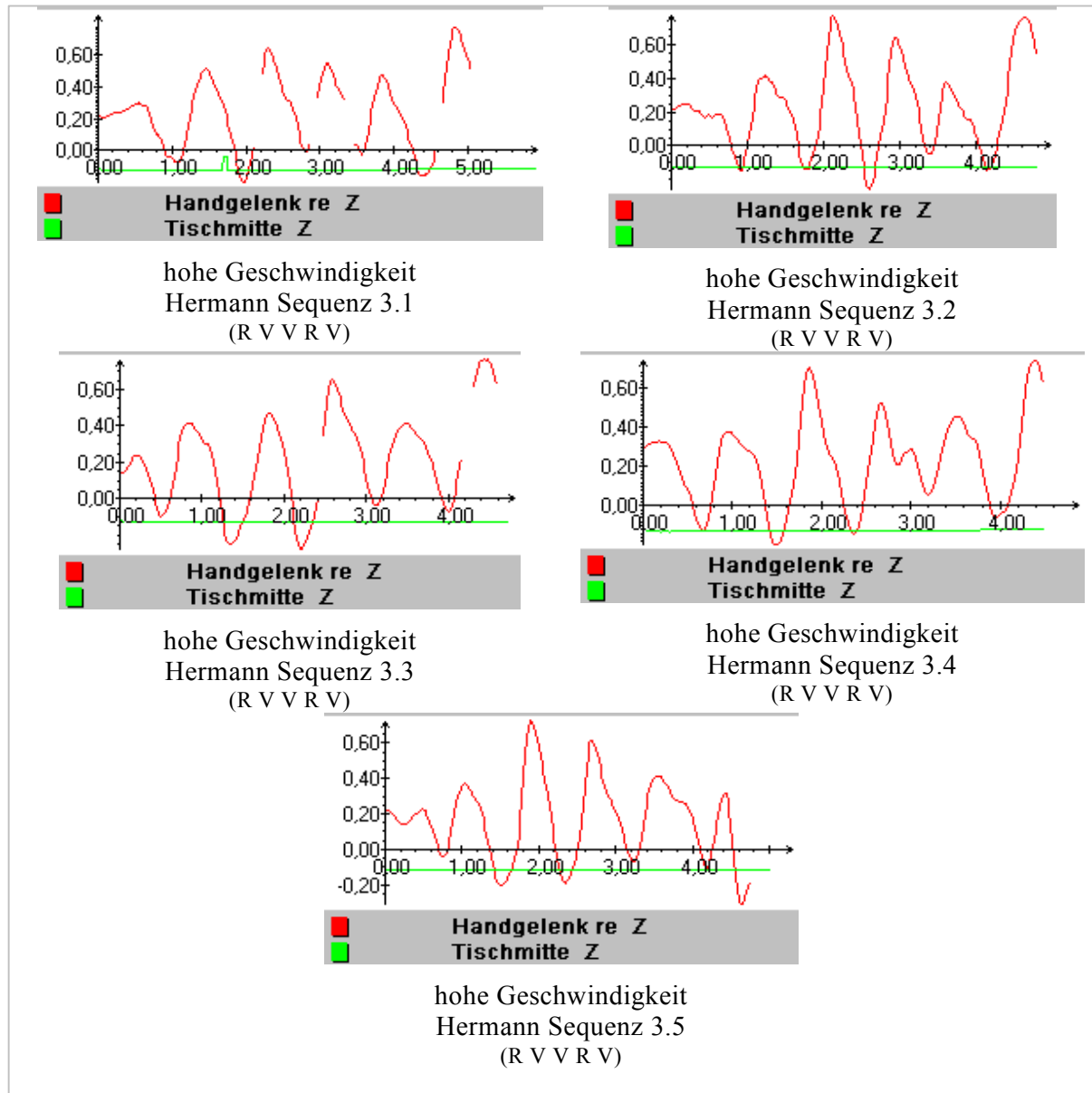


Abbildung 22: Vertikalbewegung des Handgelenks bei der Sequenz 3 ohne Vorinformation und mit hoher Geschwindigkeit. Von oben nach unten ist die Sequenz 3 in fünf Schlägen über den Gesamtdurchgang dargestellt. V = Vorhand, R = Rückhand (x-Achse Zeit in Sekunden, y-Achse Bewegung in Meter)

Wie schon bei Sequenz 3 in normalem Spieltempo holt Hermann auch bei hohem Spieltempo bei Rückhandschlägen unter Tischniveau aus. Die Abbildung 23 zeigt die Auf- und Abbewegung des Handgelenks über fünf Schläge in Relation zur Tischkante (durchgezogene Linie).

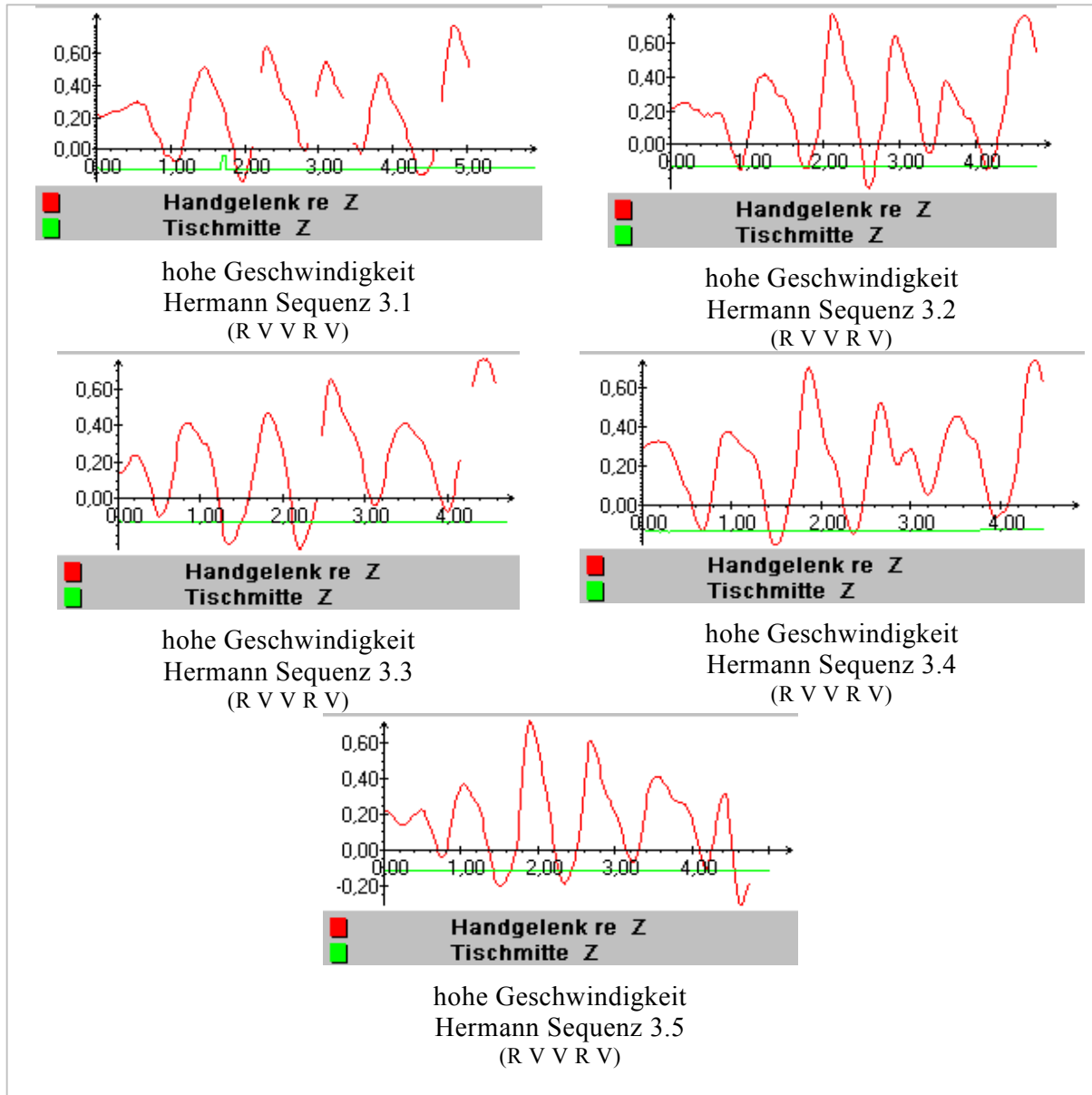


Abbildung 23: Vertikalbewegung des Handgelenks bei der Sequenz 4 ohne Vorinformation und mit hoher Geschwindigkeit. Von oben nach unten ist die Sequenz 4 in fünf Schlägen über den Gesamtdurchgang dargestellt. V = Vorhand, R = Rückhand (x-Achse Zeit in Sekunden, y-Achse Bewegung in Meter)

Betrachtet man die Kurven zusammenfassend, so bewirkt die Veränderung der Geschwindigkeit einen augenfälligen Unterschied: Bei hohem Wettkampftempo sind die Kurven glatter, es ergibt sich kaum ein Knick wie bei normalem Spieltempo. Es kann vermutet werden, dass der Spieler den Schläger bei langsamerer Einspielfrequenz zwischen zwei Schlägen kurz abbremst, weil er nicht rechtzeitig weiß, wohin der nächste Ball gespielt wird. Damit ist auch unbekannt, wie die Ausholbewegung aussehen muss. Bei höherer Frequenz stehen dem Spieler noch während der Ausschwingphase des vorherigen Schlages alle Informationen zur Verfügung, die benötigt werden, um zuverlässig vorwegzunehmen, wohin der nächste Ball gespielt wird. In dem Fall wird

der Arm auf direktem Weg in die neue Ausgangsposition geführt, ohne vorher abgebremst zu werden. Die Kurve zeigt in diesem Fall keinen Knick.

Insgesamt sind bei höherem Einspieltempo etwas kürzere Ausholbewegungen zu verzeichnen, jedoch zeigen sich in einigen Situationen überflüssige Ausholbewegungen. Das ist ein individueller Fehler, der auch bei höherem Tempo konstant bleibt. Inwieweit die Struktur der Ausholbewegung sich von den Strukturen der Gruppe unterscheidet, lässt sich wiederum durch die Ähnlichkeitsanalyse feststellen, wie sie bereits für die Treffer durchgeführt wurde. Die fallbasierte Ähnlichkeitsanalyse für das Maß der Ausholbewegung zeigt in der nachgewiesenen Streuung von .96 (Dispersion Accounted For), dass Hermann hinsichtlich der mittleren Ausholbewegung zwar etwas geringere Ausholbewegungen erzeugt, aber nicht weit von den anderen Gruppenmitgliedern angesiedelt ist, wenn man von einer relativen, weiten Entfernung zu einem Spieler absieht.

Deutlich wird auch, dass die Kurven unter den jeweiligen Bedingungen sehr ähnlich sind. Die Unterschiede ergeben sich durch leichte Variationen beim Einspielen der Bälle (Streuung, Rotation), die aber, wie zu sehen ist, am groben Verlauf nichts ändern.

Systematische Unterschiede zwischen den Wiederholungen lassen sich nicht erkennen, was bei den Sequenzen ohne Vorinformation auch zu erwarten ist. Bei den bekannten Sequenzen müssten wahrscheinlich mehr als fünf Wiederholungen gespielt werden, um eine deutliche Änderung der Kurve durch bessere Antizipationsleistungen hervorzurufen.

Der Ellbogen

Der Ellbogen als eine Hauptachse der meisten Schlagbewegungen bestimmt zum großen Teil die Wirksamkeit des Schlages. Meist ist er eine wesentliche Fehlerquelle: Ist er zu nah am Körper, ist meistens die Ausholphase eingeschränkt. Nur der Unterarm kann dann eine Bewegung ausführen, der Oberarm wird nicht beteiligt. Dadurch wird die Unterarmbeschleunigung mit dem Ellbogen als Drehachse nicht optimal genutzt. Bei zu weiter Entfernung vom Körper verliert der Schlag an Wirksamkeit und Kontrolle, da er mit beinahe oder ganz gestrecktem Arm ausgeführt wird. Oft verlässt der Ellbogen die Bewegungsebene (= Ebene, auf der sich alle Teile des Arms, also Oberarm, Unterarm und Hand bewegen), wodurch der Schlag unökonomisch wird und an Präzision verliert. Bleibt nämlich der Arm während des Schlages auf einer Ebene, so bleibt der Neigungswinkel des Schlägers während des gesamten Bewegungsablaufs konstant, und der Spieler kann den Ball an verschiedenen Stellen der Schlagebene gleichermaßen kontrolliert treffen. Dies gilt für die Schläge, bei denen sich der Neigungswinkel während der Bewegung nicht verändert, was für die Mehrheit der Schläge zutrifft.

Aus diesem Grund lenken die Trainer die Aufmerksamkeit besonders auf den Ellbogen. Auch in der Bewegungsanalyse durch „Simi-Motion“ spielt er deshalb eine entsprechende Rolle.

In den folgenden Abbildungen sind alle Punkte im Raum, an denen sich der Ellbogen während einer Sequenz von fünf Schlägen befindet, überlagert. Wie bereits in Abb. 6 dargestellt, werden die Gelenkpunkte im dreidimensionalen Raum über die Punktverfolgung in „Simi-Motion“ gemessen. Im Folgenden wird nur der Ellbogen zur Analyse der Variabilität veranschaulicht, da die Gruppenmittelwerte der Differenz von Ellbogengelenk zu Schulter in x-Richtung (vgl. Hypothese 3c) sowie der Vergleich mit den individuellen Werten von Hermann im Text beschreibbar ist. Die x-Achse entspricht der Grundlinie des Tischtennistisches, sodass sich der Betrachter in der Perspektive „schräg links hinter dem Spieler“ befindet. Eine ANOVA zeigt für die x-Richtungsunterschiede zwischen den Sequenzen einen signifikanten Haupteffekt für Sequenzunterschiede in allen Bedingungen ($F(3, 244) = 12.16$; $p < .01$, $\eta^2 = .05$). Im Folgenden werden die einzelnen Unterschiede aufgeschlüsselt.

Abbildung 24 zeigt die Punktüberlagerung des Ellbogengelenkes für die jeweils fünf mittleren Schläge jedes Blocks von 25 Schlägen.

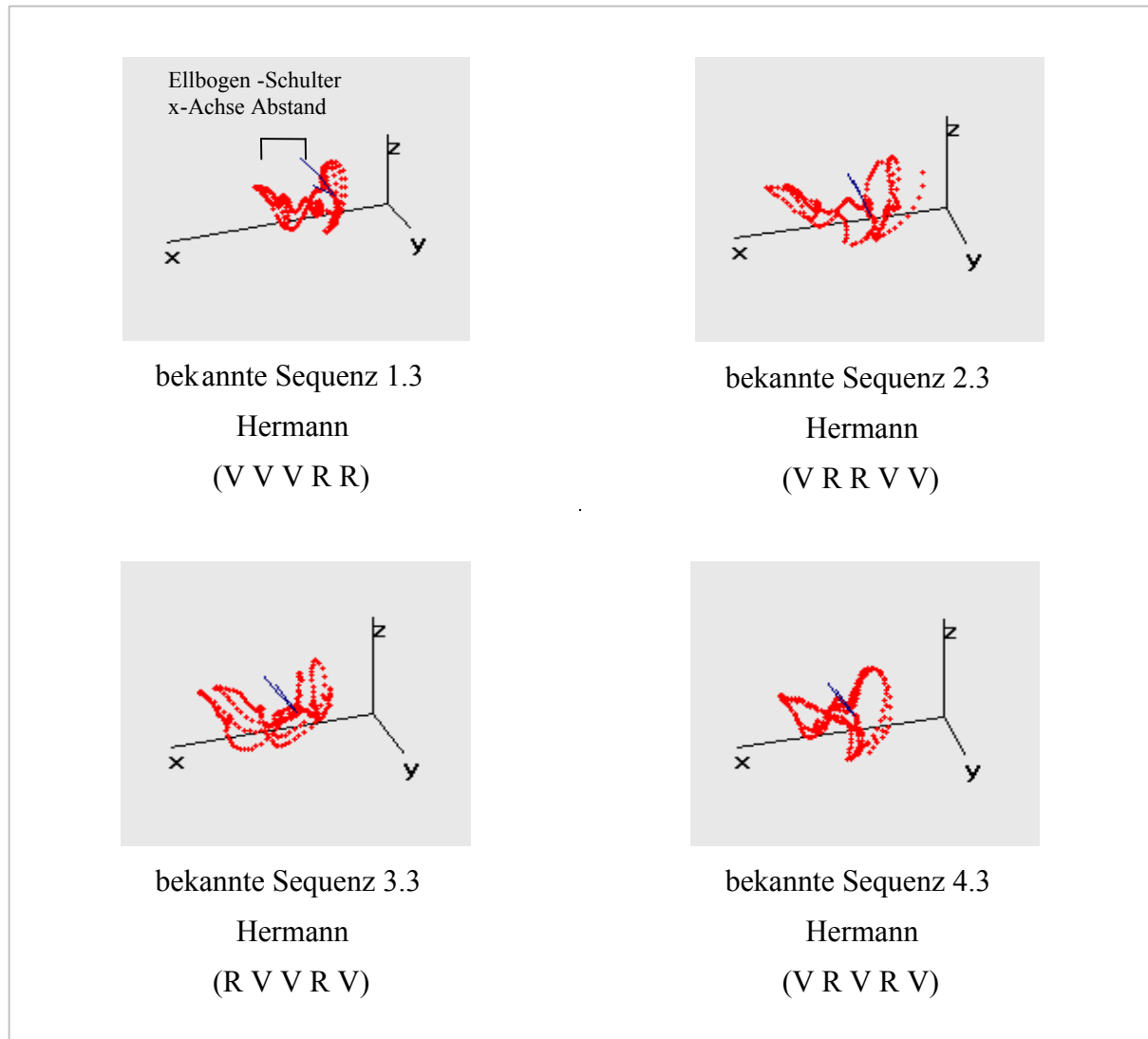


Abbildung 24: Punküberlagerung des Ellbogengelenks für die Sequenzen 1-4 bei normaler Spielgeschwindigkeit mit Vorinformation (je 5 Schläge). In Sequenz 1 ist der Schulter-Ellbogen-Abstand der x-Achse eingezeichnet und gilt für alle folgenden Abbildungen. V = Vorhand, R = Rückhand

Zwischen den Sequenzen zeigen sich keine bemerkenswerten Unterschiede hinsichtlich der Bewegungstrajektorien des Ellbogengelenks. Die unterschiedliche Breite in x-Richtung lässt sich an den Standardabweichungen über die Bewegungen erkennen, die bei den Sequenzen im Mittel bei einer durchschnittlichen Differenz der Positionen des Ellbogengelenks und des Schultergelenks von $M = 18 \text{ cm}$ mit einer $SD = 08$ eher gering ausfallen und auch nicht wie in Tabelle 12 beschrieben von den Mittelwerten der Gruppe ausfallen. Bei Sequenz 4 (unten rechts), bei der abwechselnd Vorhand und Rückhand gespielt wird, kann man den Weg des Ellbogens gut verfolgen. Er zeigt eine sehr deutliche Überlagerung. In Abbildung 25 wird die Punküberlagerung des Ellbogens bei hoher Wettkampfgeschwindigkeit gezeigt.

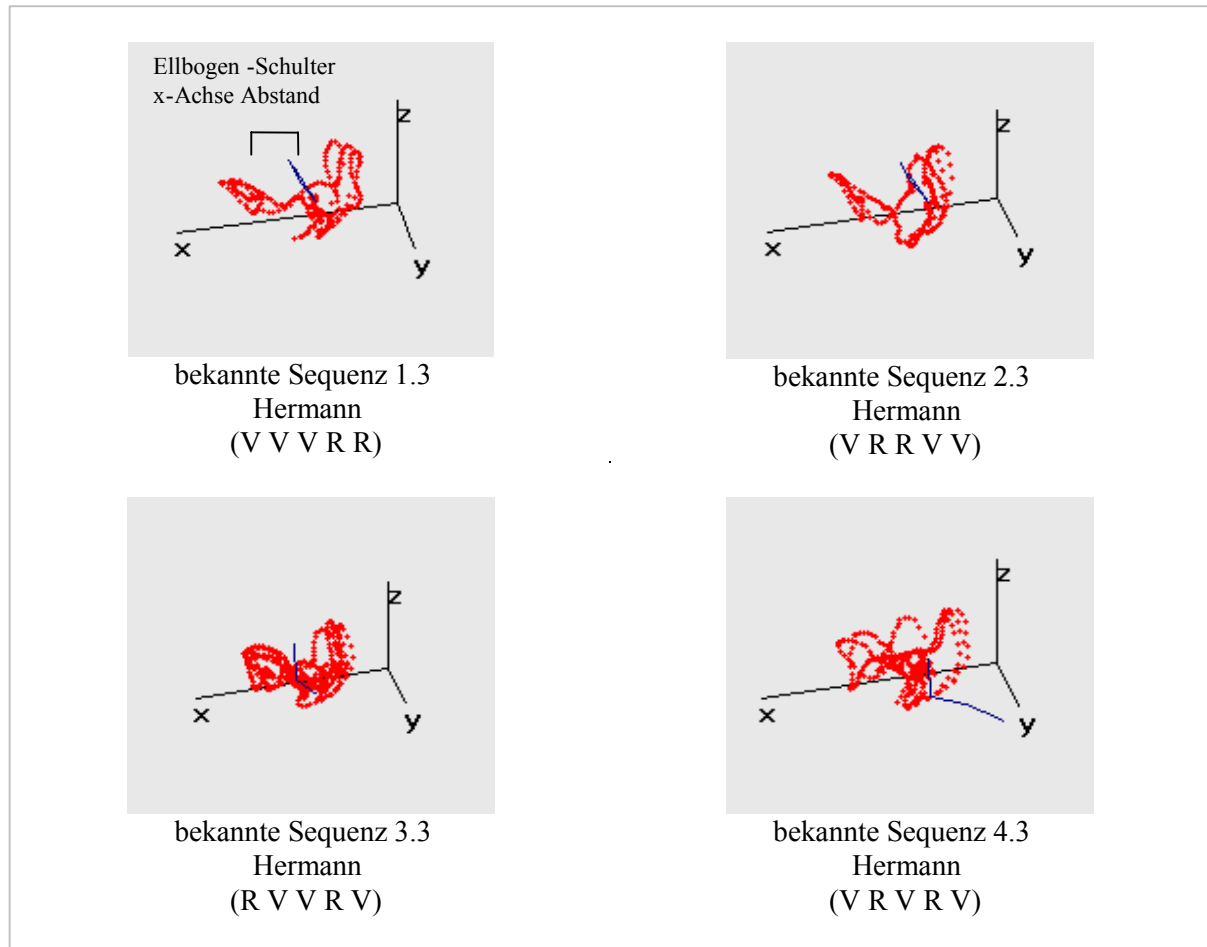


Abbildung 25: Punküberlagerung der Ellbogenbewegung für die Sequenzen 1-4 bei hoher Wettkampfgeschwindigkeit mit Vorinformation (je 5 Schläge). V = Vorhand, R = Rückhand

Bei höherer Geschwindigkeit zeigen sich ebenfalls keine bemerkenswerten Unterschiede bei mittleren Abständen von $M = -12$ cm. Bei Sequenz vier (unten rechts) wird wieder ein relativ konstanter Weg dargestellt, den der Ellbogen zurücklegt. Im Vergleich zum langsameren Einspieltempo ist die Überlagerung jedoch weniger deutlich. Die Streuung in x-Richtung liegt auch an der Streubreite der eingespielten Bälle. Die Form der Kurve erweist sich auch bei hoher Geschwindigkeit als relativ konstant. Allerdings ist die Streuung etwas größer bei höheren Geschwindigkeiten als bei normalen Geschwindigkeiten mit einer mittleren Streuung über die Sequenzen von $SD = .095$.

Wenn der Spieler über keine Vorinformation verfügt, ergeben sich Punküberlagerungen, wie sie in Abbildung 26 (normale Geschwindigkeit) und Abbildung 27 (hohe Wettkampfgeschwindigkeit) dargestellt sind.

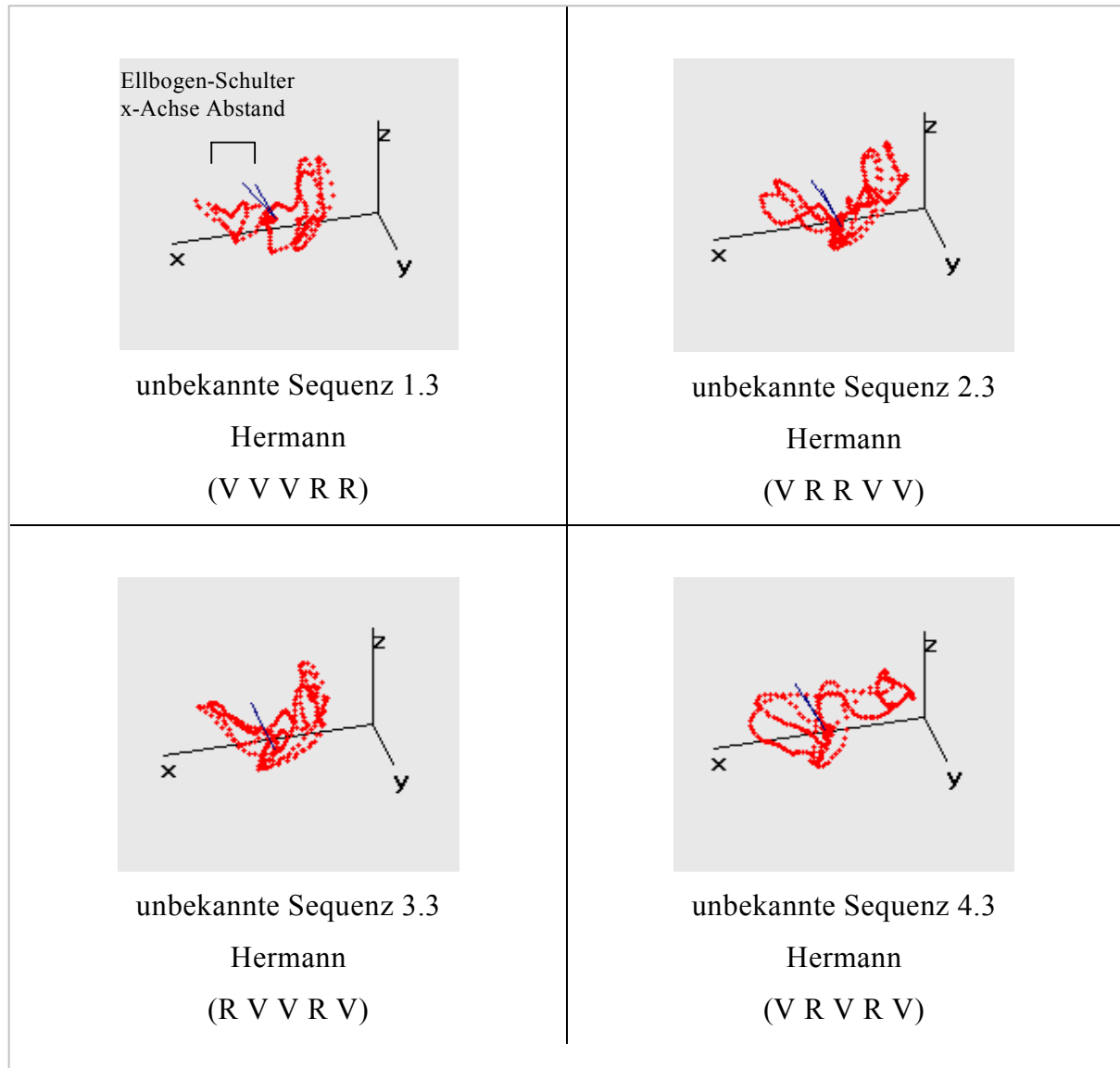


Abbildung 26: Punktüberlagerung der Ellbogenbewegung für die Sequenzen 1-4 bei normaler Spielgeschwindigkeit ohne Vorinformation (je 5 Schläge). V = Vorhand, R = Rückhand

Die Abbildungen zeigen eine größere Streuung im Vergleich zu den Sequenzen mit Vorinformation über die Reihenfolge der Sequenzen, die sich auch im Mittelwert für diese Bedingungen ($m = 14$ cm; $SD = 10$) darstellt. Lenkt man zum Beispiel den Blick wiederum auf die vierte Sequenz (unten rechts) und vergleicht die Überlagerungen mit den bekannten Sequenzen (Abbildung 24 und 25), erkennt man die größere Variabilität, die sich besonders für Sequenz 4 mit den meisten Technikübergängen auszeichnet. Die Bewegungsbahnen überlagern sich nur wenig. In der folgenden Abbildung, wenn zusätzlich zur fehlenden Information über die Platzierung des nächsten Balles noch die Geschwindigkeit gesteigert wird, zeigt sich dies noch deutlicher in den Standardabweichungen von im Mittel $SD = 12$.

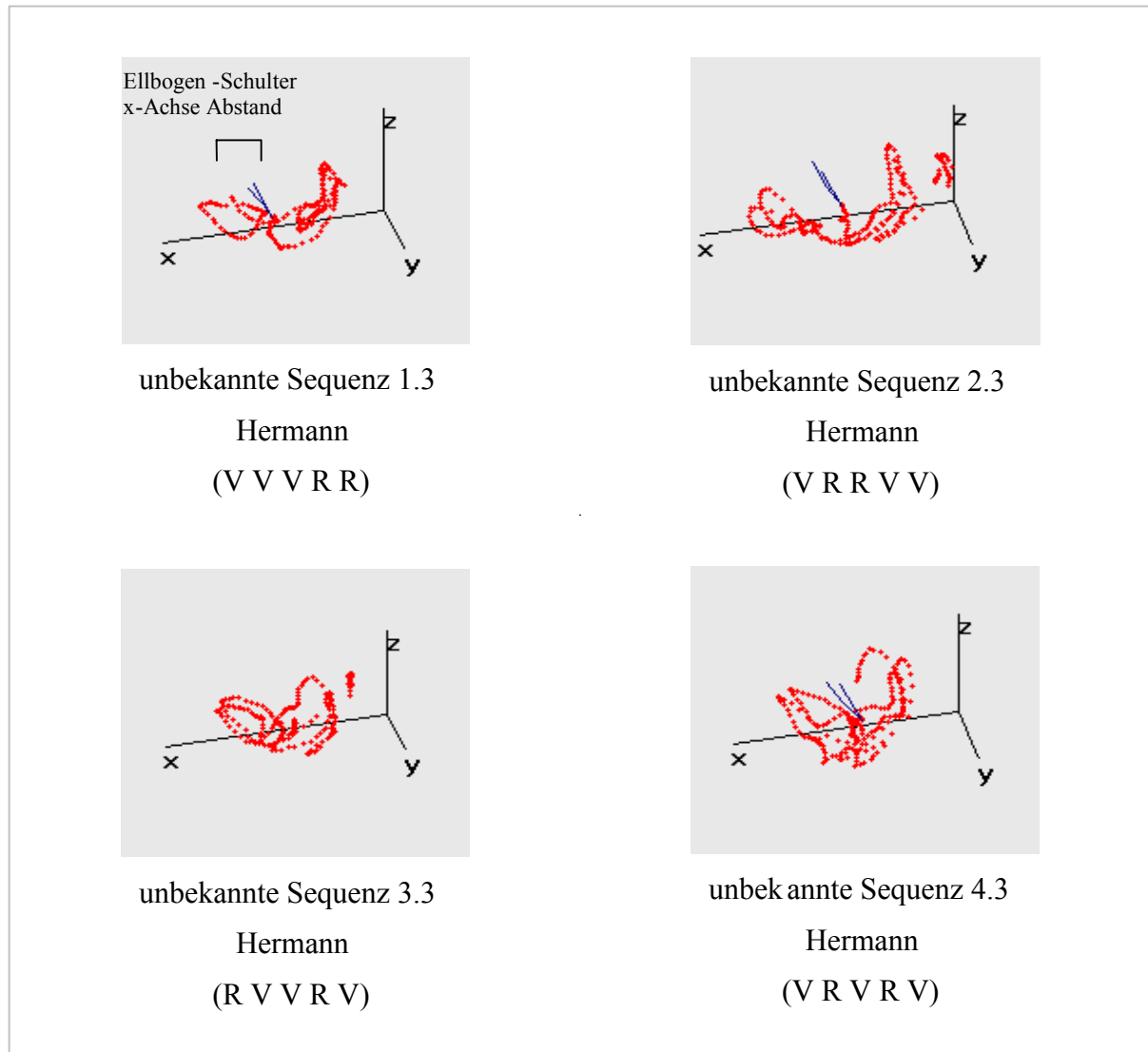


Abbildung 27: Punküberlagerung der Ellbogenbewegung für die Sequenzen 1-4 bei hoher Wettkampfgeschwindigkeit ohne Vorinformation (je 5 Schläge). V = Vorhand, R = Rückhand

Fasst man die zwei- und dreidimensionalen Analysen zur Schlagbewegung zusammen, so zeigt sich, dass Hermann über eine Bewegungstrajektorie verfügt, die bei den Geschwindigkeiten und der Anzahl der Vorinformationen konstant bleibt. Allerdings entspricht die streuende Ausholposition unter Tischkante nicht der Instruktion der Trainer. Sie ist unter anderem ein Grund für schlechtere Leistungen bei schnellen Ballwechseln, wie die Analysen der Hypothesen zum Zusammenhang zwischen Bewegungsausführung und Trefferleistung ergeben haben. Dass selbst erfahrene Spieler nicht von einem konstanten Anfangspunkt ausgehen, bestätigen andere Untersuchungen (Bootsma, Houbiers, Whiting & Van Wieringen, 1991; Bootsma & Van Wieringen, 1988, 1990; Sorensen, Ingvaldsen & Whiting, 2001), auch wenn weiterhin in Instruktionen in Lehrbüchern darauf hingewiesen wird, einen konstanten Anfangspunkt für ihre Bewegungen zu wählen. Die Bewegungslänge ist größer, wenn der Spieler mit der Bewegung unter dem Tisch anfängt, als wenn er über dem Tisch um einen Anfangspunkt herum streut. Das wirkt sich zwar nur in schnellen und unvorhersagbaren Situationen auf die Leistung aus. Im Wettkampf geht es allerdings genau um diese Situationen. Deshalb empfehlen die Trainer und Diagnostiker einen höheren Bewegungsausgangspunkt. Um zusätzliche und überflüssige

Bewegungskomponenten beim Übergang besonders bei unbekannten Bewegungssequenzen zu reduzieren, wird zusätzlich die Ellbogenstellung durch entsprechende Übungen optimiert.

2.5.2.4. Vergleichende Einzelfallbewegungsanalysen

Im Folgenden soll dargestellt werden, wie die Bewegungen der Spieler im Paarvergleich analysiert werden. Dies haben besonders die Trainer gefordert, um Kleingruppen oder Paare zu vergleichen, die dasselbe Fehlermuster aufweisen. Dies vereinfacht auch die Trainingsgestaltung in Paaren mit ähnlichen Übungen und Instruktionen.

Beispiel Hermann und Kathrin

Eine Berechnung von t-Tests für die einzelnen Bedingungen wird zuerst tabellarisch dargestellt und anschließend für die einzelnen Bedingungen diskutiert.

Tabelle 13: t-Tests für die einzelnen Bedingungen zwischen Hermann und Kathrin für die Ausholbewegung unter dem Tischniveau

	t-Wert	df	p-Wert
Bekannte Strukturen			
Sequenz 2	-.52	19	.61
normale Geschwindigkeit			
Sequenz 3	3.31	12	.01
normale Geschwindigkeit			
Sequenz 2	-1.72	41	.09
hohe Geschwindigkeit			
Sequenz 3	1.29	16	.21
hohe Geschwindigkeit			
Unbekannte Strukturen			
Sequenz 2	6.96	11	.00
normale Geschwindigkeit			
Sequenz 3	-1.32	36	.20
normale Geschwindigkeit			
Sequenz 2	-2.06	13	.13
hohe Geschwindigkeit			
Sequenz 3	6.74	34	.00
hohe Geschwindigkeit			

Wie Tabelle 13 veranschaulicht, sind die deskriptiven Unterschiede zwischen den Spielern Hermann und Kathrin für die Ausholbewegung nur bedeutsam für die Sequenz 2 bei normaler Geschwindigkeit und bekannter Struktur der Sequenz, sowie für dieselbe Sequenz bei unbekannter Struktur und der Sequenz 3 bei hoher Geschwindigkeit und unbekannter Struktur.

Die Darstellung exemplarischer Kurven und Differenzen spezifiziert diesen Effekt zwischen den Spielern.

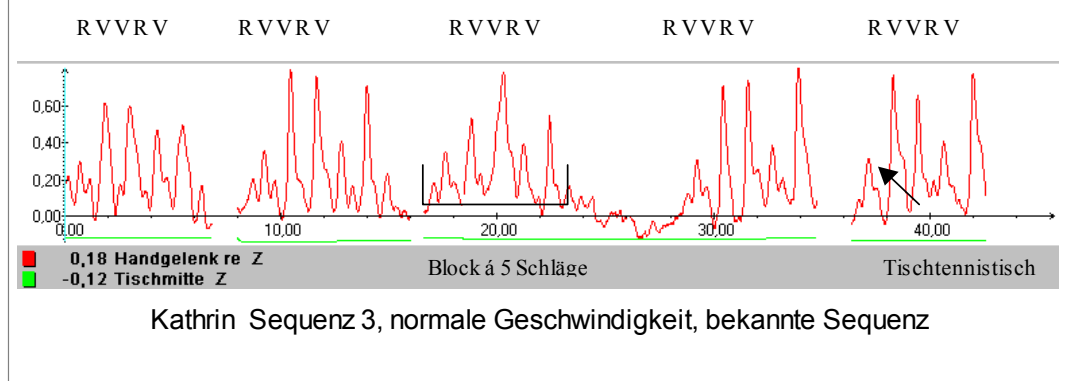
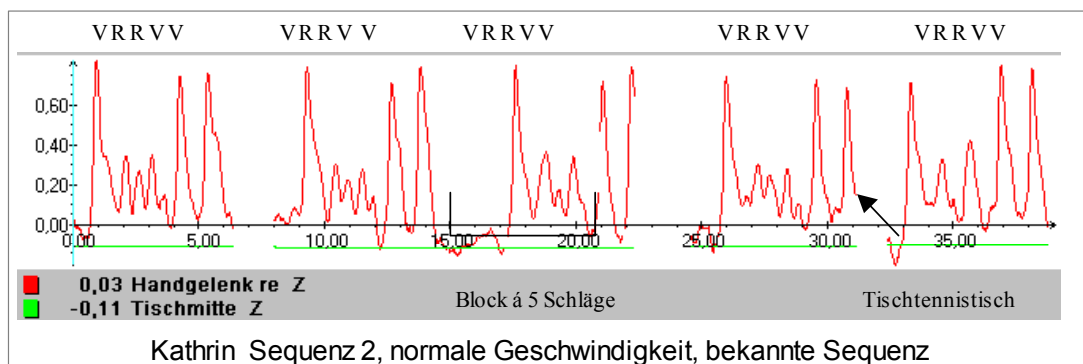
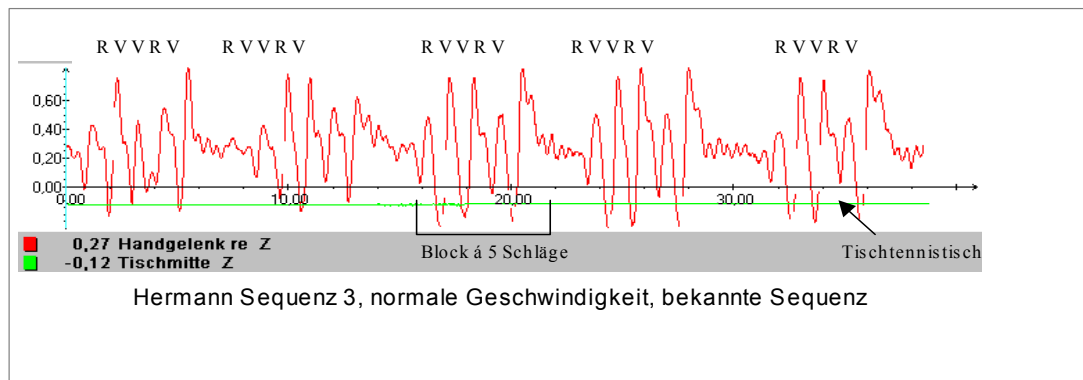
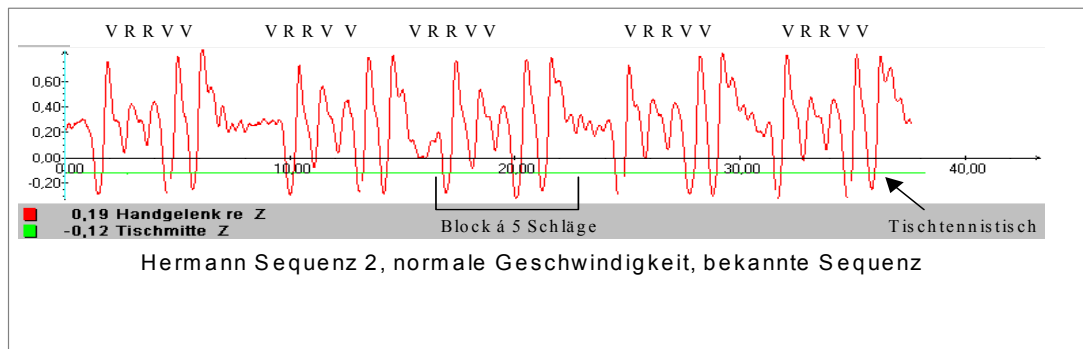


Abbildung 28: Vertikalebewegung des Handgelenks bei den Sequenzen 2 und 3 in normaler Geschwindigkeit mit Vorinformation (oben Hermann, unten Kathrin). V = Vorhand, R = Rückhand (x-Achse Zeit in Sekunden, y-Achse Bewegung in Meter)

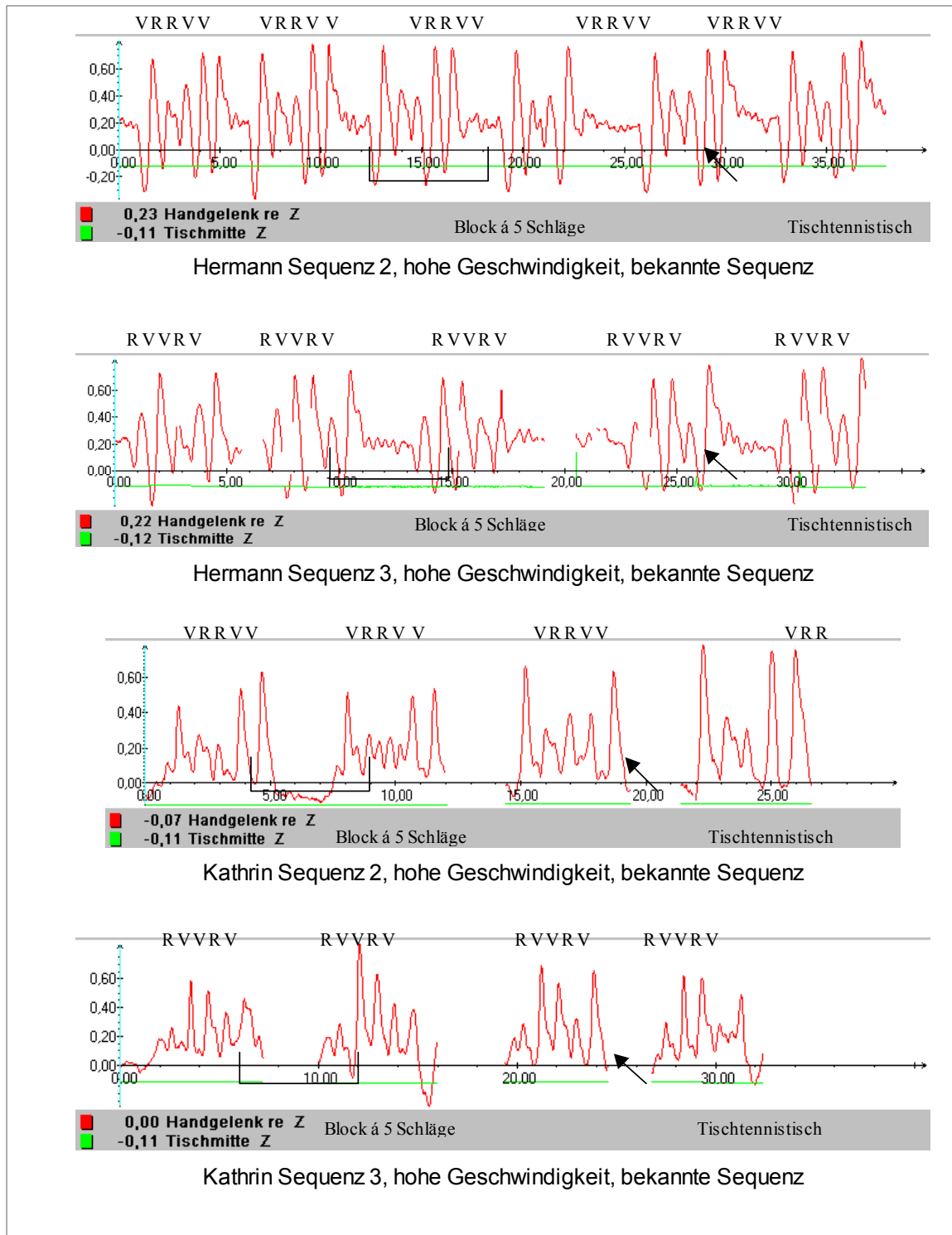


Abbildung 29: Vertikalbewegung des Handgelenks bei den Sequenzen 2 und 3 in hoher Wettkampfgeschwindigkeit mit Vorinformation (oben Hermann, unten Kathrin). V = Vorhand, R = Rückhand (x-Achse Zeit in Sekunden, y-Achse Bewegung in Meter)

Hermann holt wesentlich öfter unter Tischniveau aus als Kathrin. Dementsprechend muss bei ihr die Ausgangsposition der Bewegung weniger korrigiert werden als bei Hermann. Dieser Fehler zeigt sich regelmäßig auch bei hoher Wettkampfgeschwindigkeit, wie aus Abbildung 29 zu ersehen ist. Hermann holt bei fast allen Schlägen unter der Nulllinie (Tischkante) aus, während Kathrin selten unter Tischniveau spielt.

Wie aus der Abbildung zu ersehen ist, variiert die Vertikalbewegung bei Kathrin sehr.

Im Folgenden soll exemplarisch nur die zweite Sequenz einmal mit und einmal ohne Vorinformation gegenübergestellt werden, um zu sehen, ob sich solche Aussagen über die Situationen generalisieren lassen. In der Abbildung werden jeweils die mittleren fünf Schläge für beide Geschwindigkeiten sowie mit und ohne Vorinformation von Hermann (links) und Kathrin (rechts) gezeigt.



Abbildung 30: Vertikalbewegung des Handgelenks bei den Sequenzen 2 und 3 in normaler Spielgeschwindigkeit (Abbildungen 1 bis 4) und hoher Wettkampfgeschwindigkeit ohne Vorinformation (je fünf Schläge, Hermann links; Kathrin rechts). V = Vorhand, R = Rückhand (x-Achse Zeit in Sekunden, y-Achse Bewegung in Meter)

Die Amplitudenunterschiede zwischen Vorhand- und Rückhandschlägen sind bei Hermann geringer als bei Kathrin. Hermann könnte seinen Konterschlag verbessern, indem er mehr nach vorn als nach oben schlägt und dadurch die Geschwindigkeit des Balles erhöht. Kathrin zeigt im Vergleich zu Hermann bei den Rückhandschlägen eine starke Auf- und Abbewegung, die ebenfalls zu verbessern ist.

Beispiel Sarah und Maike

Die Trainer wählten als weiteres Paar zwei Spielerinnen (Sarah und Maike), die sehr unterschiedlich in den Heimatvereinen trainieren. Das in der Abbildung unterschiedlich hohe Tischniveau ergibt sich durch verschiedene Testtermine, die zu einer unterschiedlichen Kalibrierung führten. Die Differenzen zwischen beiden Testterminen lagen bei ca. 0.10 cm. Dies hat zur Folge, dass eine relative Abstandsmessung zwischen Gelenkpunkten (Ellbogenanalyse) oder zwischen Tischkante und Handgelenk (Ausholbewegung) im Vergleich zwischen den Spielerinnen möglicherweise zu einer Verzerrung der realen Abstände führt. Eine Berechnung der Unterschiede im Sinne einer statistischen Sicherheit wird deshalb nicht realisiert und Ergebnisse sind nur deskriptiv dargestellt.

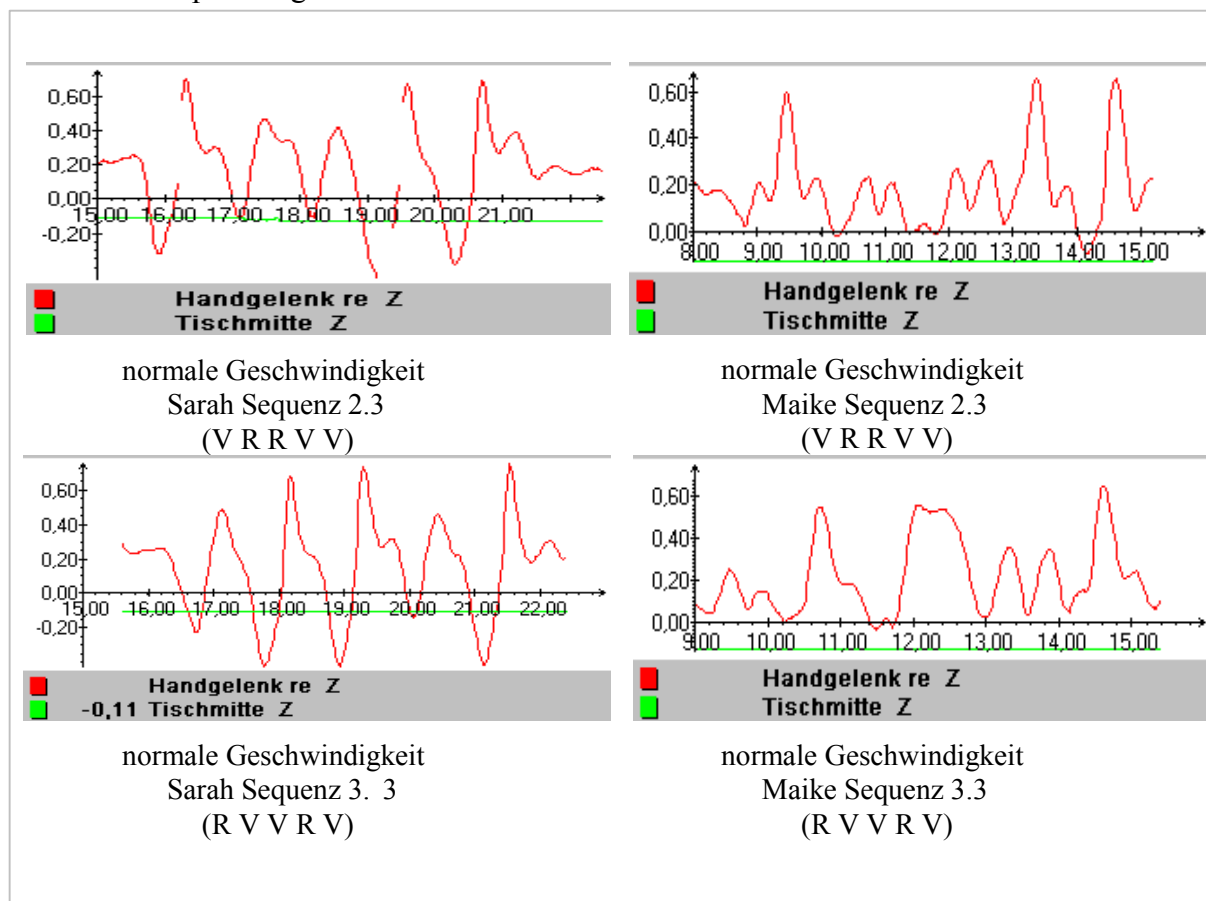


Abbildung 31: Vertikalbewegung des Handgelenks bei den Sequenzen 2 und 3 in normaler Spielgeschwindigkeit mit Vorinformation (links Sarah, rechts Maike, je fünf Schläge). V = Vorhand, R = Rückhand (x-Achse Zeit in Sekunden, y-Achse Bewegung in Meter)

In diesem Vergleich wird deutlich, wie Sarahs Ausholbewegung unter Tischniveau sinkt. Die wesentlich kleinere Maike hingegen zeigt eine korrekte Ausholbewegung. Bei den Rückhandschlägen sieht man bei Sarah nur einen Extremwert, während bei Maike zwei Extremwerte zu sehen sind. Diese unnötige Auf- und Abbewegung beim Konterschlag sollte korrigiert werden.

Auch bei hoher Wettkampfgeschwindigkeit zeigen sich regelmäßig diese Fehler, wie Abbildung 32 zeigt. Die Spielerinnen holen in fast allen Schlägen unter der Nulllinie (Tischkante) aus.

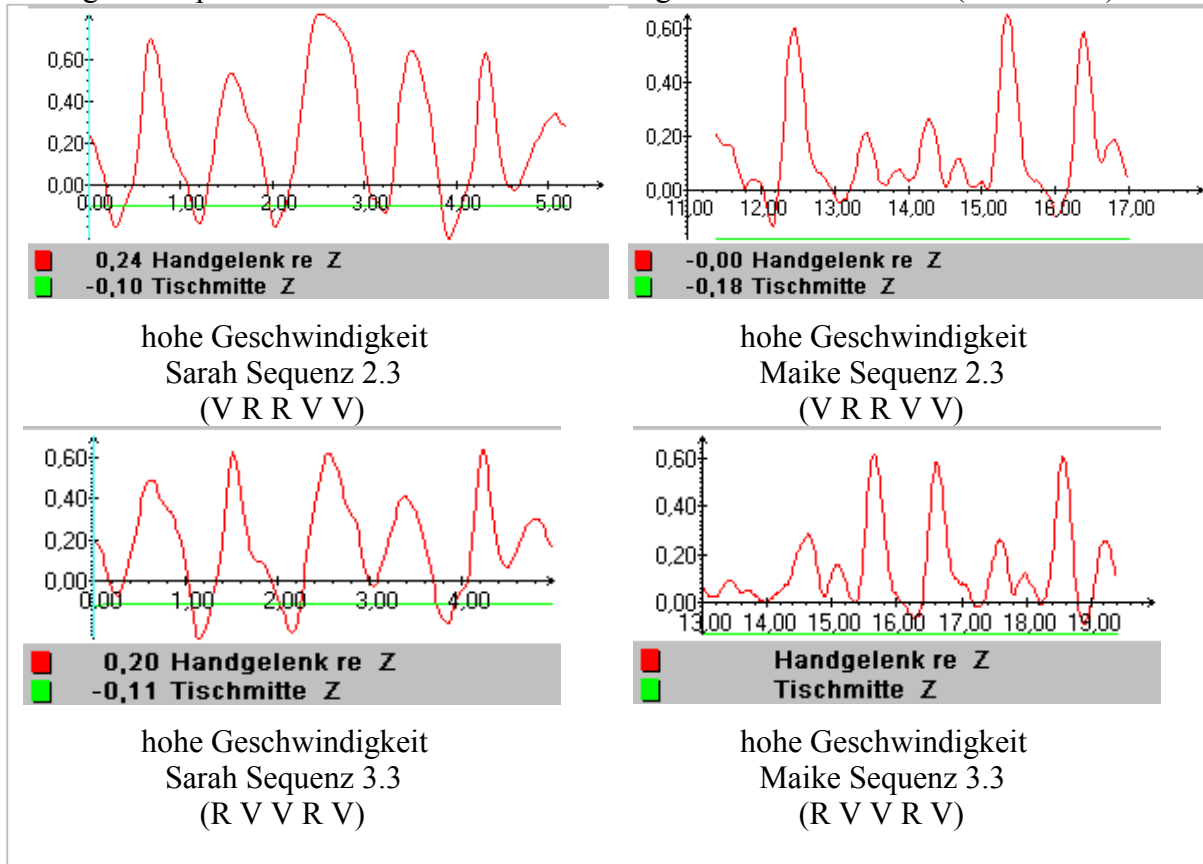


Abbildung 32: Vertikalbewegung des Handgelenks bei den Sequenzen 2 und 3 in hoher Wettkampfgeschwindigkeit mit Vorinformation (links Sarah, rechts Maike). V = Vorhand, R = Rückhand (x-Achse Zeit in Sekunden, y-Achse Bewegung in Meter)

Sarah zeigt bei bekannten Sequenzen bei hoher Geschwindigkeit eine Bewegungsstrategie, die nicht dem Leitbild entspricht. Der Amplitudenunterschied ist zwischen Vorhand und Rückhand nur minimal, sodass die Rückhandbewegung statt in Gegnerrichtung stark nach oben und unten verläuft und der Kraftimpuls nicht in die richtige Richtung gesetzt wird. Dieses Bewegungsmuster ist bei Maike nicht zu finden, allerdings zeigt es zu geringe Amplituden in der Rückhand.

Wie aber verändern sich die Bewegungsmuster, wenn keine Vorinformation über den nächsten Schlag gemacht wird? Abbildung 33 zeigt exemplarisch bei den Sequenzen 2 und 3 die Bewegungstrajektorien bei normaler und hoher Geschwindigkeit.

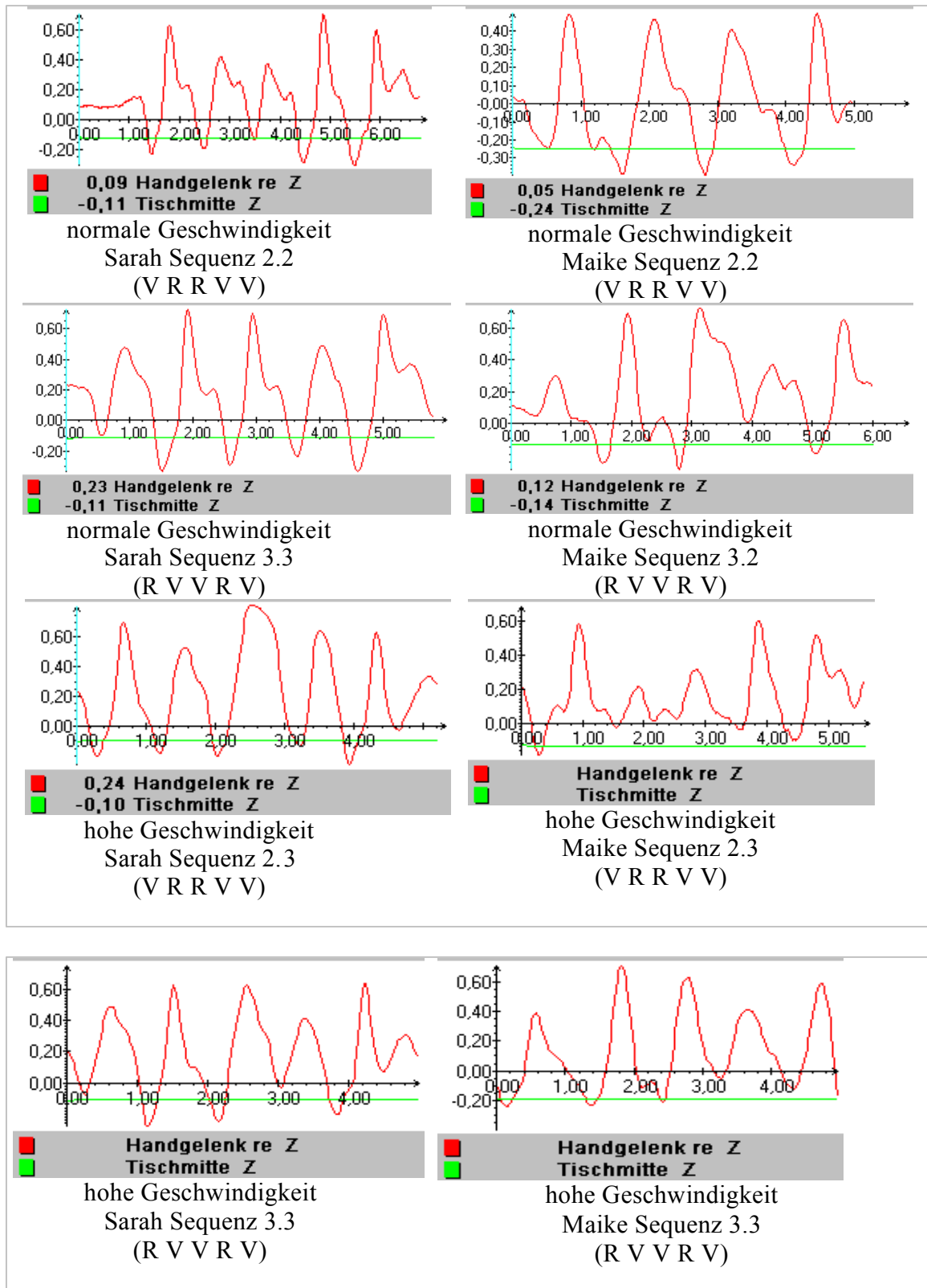


Abbildung 33: Vertikalbewegung des Handgelenks bei den Sequenzen 2 und 3 in normaler Wettkampfgeschwindigkeit (Abbildungen 1 bis 4) und hoher Geschwindigkeit ohne Vorinformation. V = Vorhand, R = Rückhand (x-Achse Zeit in Sekunden, y-Achse Bewegung in Meter)

Die Amplitudendifferenzen zwischen Vorhand und Rückhand sind bei Maïke im Vergleich zu Sarah größer und entsprechen dem Befund, wenn die Sequenz vorgegeben ist. Bemerkenswert ist jedoch, dass Maïke bei der Mehrzahl der Sequenzen unter dem Tisch ausholt, was sie bei den bekannten Schlägen nicht getan hat. Vor allem geschieht das bei Vorhandschlägen. Da dieses Verhalten die Trefferleistungen beeinflusst, sollte dieses Verhalten in variablen Zuspielübungen korrigiert werden.

Ellbogen

Alle Punkte, an denen sich der Ellbogen während der Sequenz befindet, sind in den folgenden Abbildungen überlagert dargestellt. Zuerst werden wie bei der Ausholbewegung die Werte der x-Ausrichtung vom Ellbogen relativ zum Schultergelenk in allen Bedingungen zwischen Hermann und Kathrin verglichen. Tabelle 14 gibt einen Überblick über die Effekte.

Tabelle 14: t-Tests für die einzelnen Bedingungen zwischen Hermann und Kathrin für die Ellbogen-Distanz zum Schultergelenk

	t-Wert	df	p-Wert
Bekannte Strukturen			
Sequenz 2	3.68	426	.01
normale Geschwindigkeit			
Sequenz 3	4.18	41	.01
normale Geschwindigkeit			
Sequenz 2	15.42	498	.01
hohe Geschwindigkeit			
Sequenz 3	-.16	45	.87
hohe Geschwindigkeit			
Unbekannte Strukturen			
Sequenz 2	1.89	254	.06
normale Geschwindigkeit			
Sequenz 3	1.72	261	.09
normale Geschwindigkeit			
Sequenz 2	5.66	237	.01
hohe Geschwindigkeit			
Sequenz 3	3.98	240	.01
hohe Geschwindigkeit			

Wie Tabelle 14 zeigt, sind die Unterschiede in den Differenzen zwischen Schulter- und Ellbogengelenk bei Hermann und Kathrin in den meisten Bedingungen unterschiedlich. Die Sequenz 3 bei hoher Geschwindigkeit bei bekannten Strukturen hebt sich deutlich ab, während die beiden weiteren nicht signifikanten Bedingungen bei den unbekannten Strukturen (Sequenzen 2 und 3 bei normaler Geschwindigkeit) nur knapp die Signifikanzgrenze überschreiten. Eine differenziertere Analyse der Unterschiede wird im Folgenden für die Bedingungen einzeln beschrieben.

Beispiel Hermann und Kathrin

Zunächst werden Hermann und Kathrin einander gegenübergestellt. Abbildung 34 zeigt die Überlagerung der Punkte beim Spielen der Sequenz 2 (fünf Schläge), wenn Vorinformationen über den Ball gegeben werden (links) und wenn der Spieler nicht weiß, welchen Ball er als nächstes spielen wird (rechts). Von den fünf Wiederholungen werden jeweils die mittleren fünf Schläge ausgewählt.

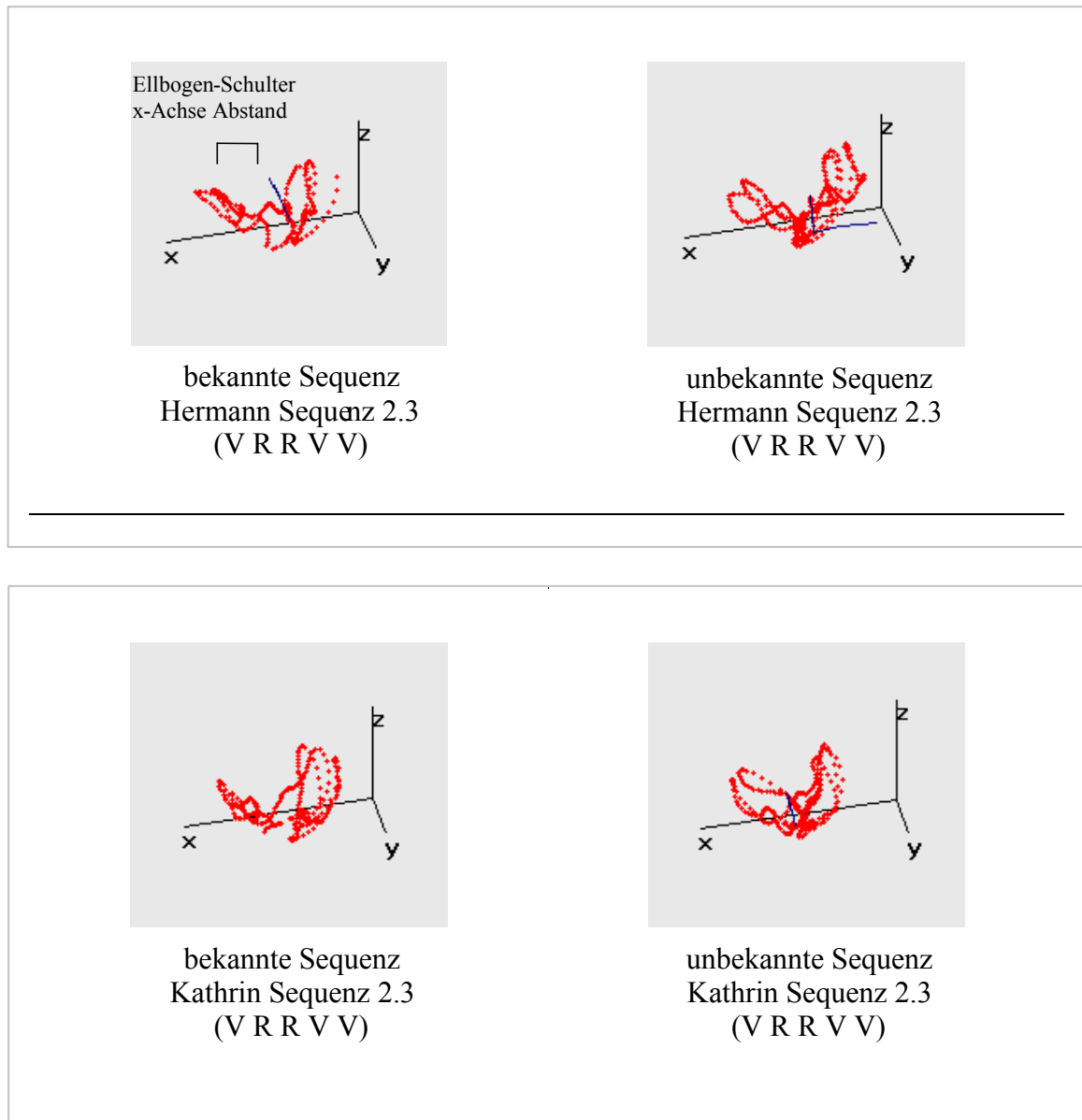


Abbildung 34: Punktüberlagerung Ellbogen Sequenz 2, normale Geschwindigkeit, bekannte (links) und unbekannte (rechts) Sequenzstruktur von Hermann (oben) und Kathrin (unten). V = Vorhand, R = Rückhand

Die x-Achse verläuft parallel zur Grundlinie des Tisches, sodass die Perspektive der eines Beobachters entspricht, der hinter dem Spieler steht. Es ist eine geringe Variabilität der Bewegungen zu erkennen, die Koordinatenpunkte der drei Vorhand-Topspin-Bewegungen sind nahezu identisch. Der Ellbogen wird nach dem Schlag auf gleichem Weg in die Ausholbewegung zurückgeführt. Hermann zeigt variablere und längere Bewegungsbahnen bei unbekannten Sequenzen als bei bekannten Sequenzen.

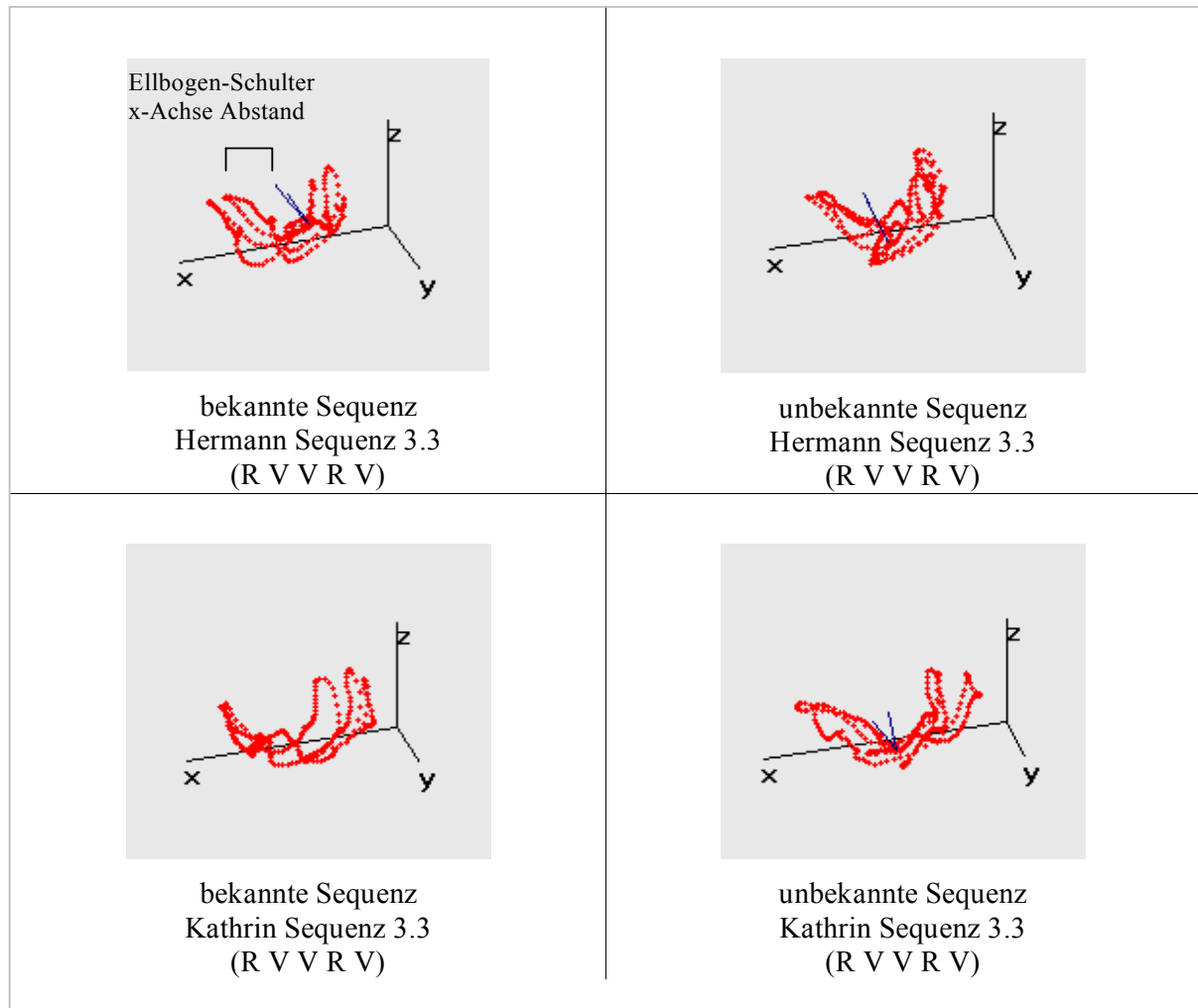


Abbildung 35: Punktüberlagerung Ellbogen Sequenz 3, normale Geschwindigkeit, bekannte (links) und unbekannte (rechts) Sequenzstruktur von Hermann (oben) und Kathrin (unten). V = Vorhand, R = Rückhand

Die Abbildung zeigt deutlich, wie sehr Kathrins Bewegung des Ellbogens streut, wenn sie keine Vorinformationen über den nächsten Ball hat. Beispielsweise streut die Bewegung mehr in x-Richtung. Ebenfalls deutlich zeigt sich, wie unterschiedlich die Ellbogenbewegungen bei den drei Vorhand-Topspin-Bewegungen aussehen, selbst wenn offensichtlich ist, dass der Schlag dreimal in Folge zu spielen ist.

Die Punktüberlagerungen des Ellbogens sollen auch bei hoher Wettkampfgeschwindigkeit verglichen werden.

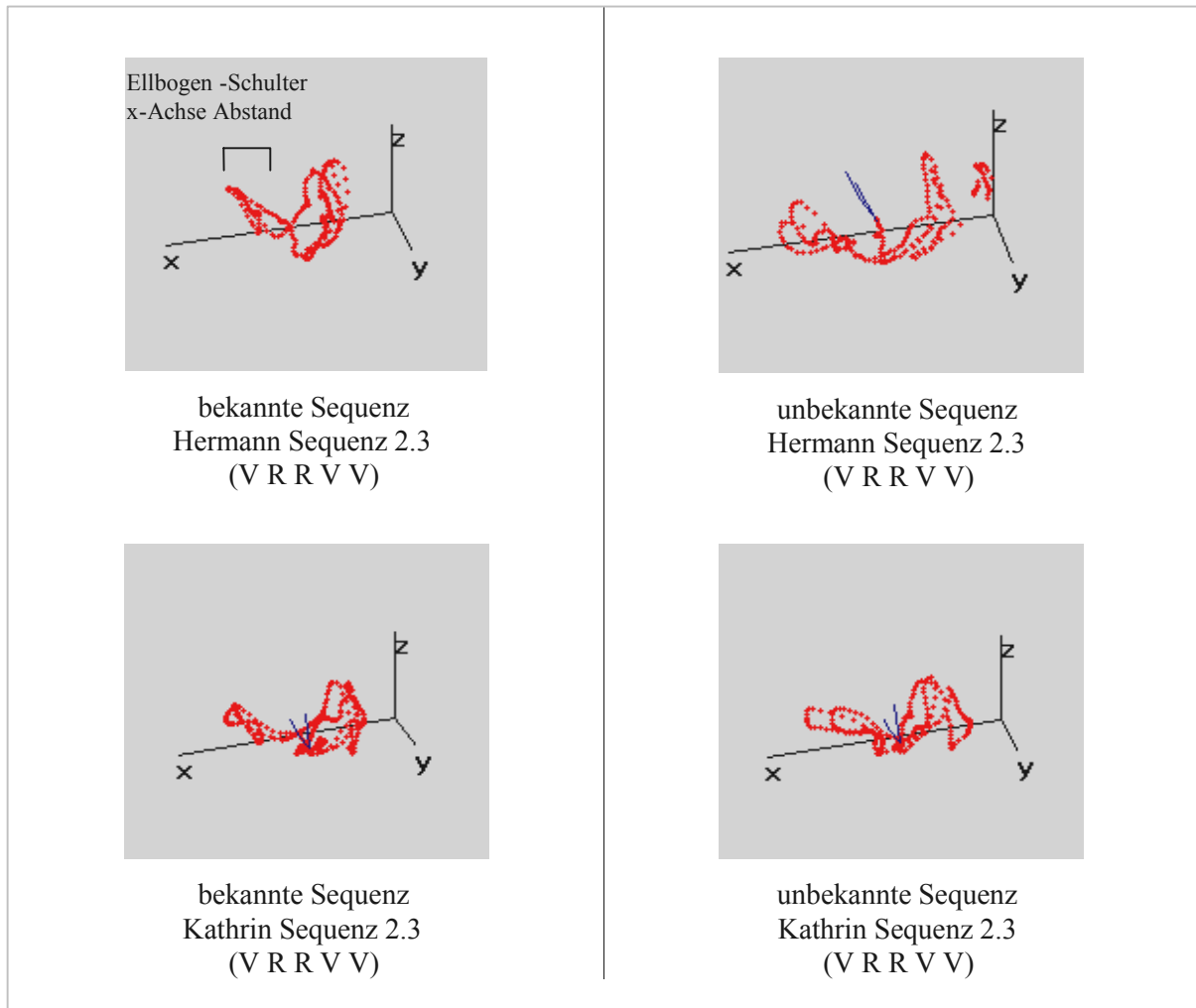


Abbildung 36: Punktüberlagerung Ellbogen Sequenz 2, hohe Geschwindigkeit, bekannte (links) und unbekannte (rechts) Sequenzstruktur von Hermann (oben) und Kathrin (unten). V = Vorhand, R = Rückhand

Wie schon in den vorherigen Betrachtungen sind stärkere Variationen der Bewegungstrajektorien bei Sequenzen ohne Vorinformation zu finden. Im Vergleich von Hermann und Kathrin zeigt Hermann wiederum genauere Reproduktionen der Bewegung.

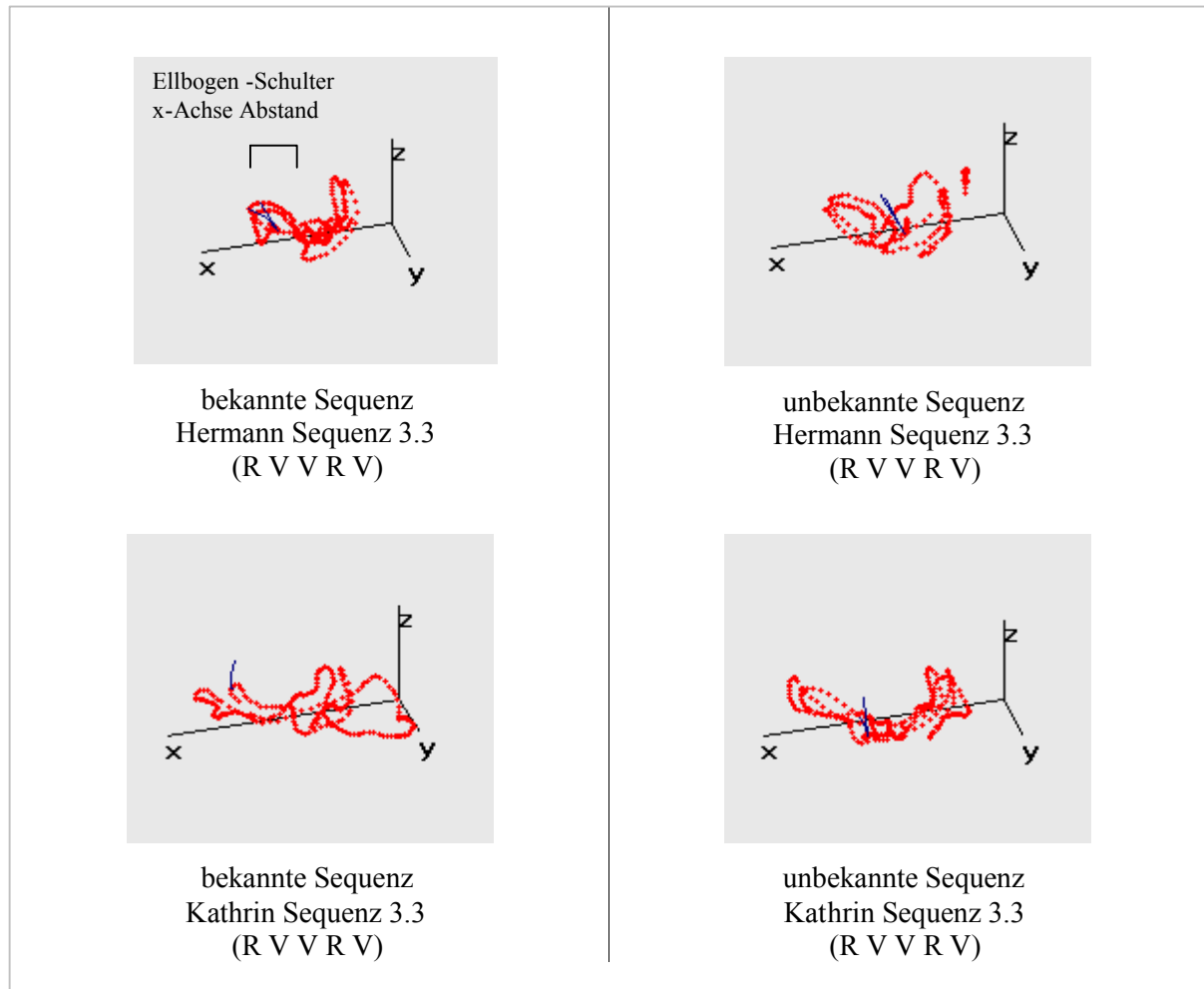


Abbildung 37: Punktüberlagerung Ellbogen Sequenz 3, hohe Geschwindigkeit, bekannte (links) und unbekannte (rechts) Sequenzstruktur von Hermann (oben) und Kathrin (unten). V = Vorhand, R = Rückhand

Bei Sequenz 3 sind die Trefferleistungen zugunsten von Kathrin zu verzeichnen, obwohl sie im Zuspiel in x-Richtung weitere Wechsel realisieren musste als Hermann. Allerdings ist die Streuung für beide Spieler ähnlich zu den vorherigen Befunden. Inwieweit diese Variabilitäten funktional oder disfunktional interpretiert werden, wird später diskutiert.

Beispiel Sarah und Maike

Wie oben werden Sarah und Maike vergleichend in den dreidimensionalen Trajektorien analysiert. Aufgrund der unterschiedlichen Kalibrierungen wird auf eine statistische Analyse der Unterschiede verzichtet und nur eine deskriptive Darstellung gezeigt. Abbildung 38 zeigt die Überlagerung der Ellbogenpunkte beim Spielen der Sequenz 2 (fünf Schläge), wenn Vorinformationen über den Ball gegeben werden (links), und wenn der Spieler nicht weiß, welchen Ball er als nächstes spielen wird (rechts).

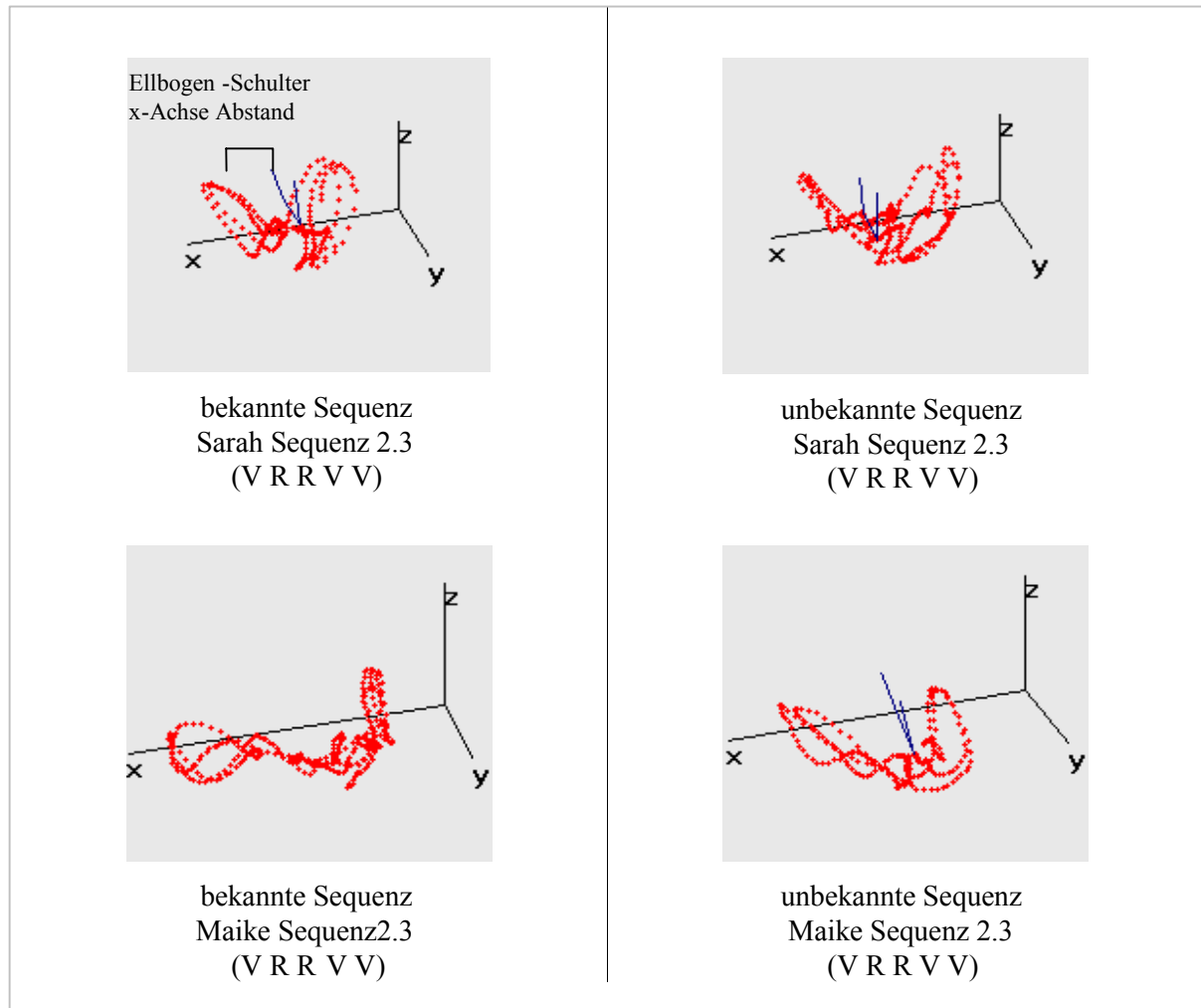


Abbildung 38: Punküberlagerung Ellbogen Sequenz 2, normale Geschwindigkeit, bekannte (links) und unbekannte (rechts) Sequenzstruktur von Sarah (oben) und Maike (unten). V = Vorhand, R = Rückhand

Es ist eine geringe Variabilität der Bewegungen zu erkennen, die Koordinatenpunkte der drei Vorhand-Topspin-Bewegungen sind nahezu identisch. Der Ellbogen wird nach dem Schlag auf gleichem Weg in die Ausholbewegung zurückgeführt. Sarah zeigt variablere und längere Bewegungsbahnen bei unbekannten Sequenzen im Vergleich zu bekannten Sequenzen (vgl. Abbildung 39).

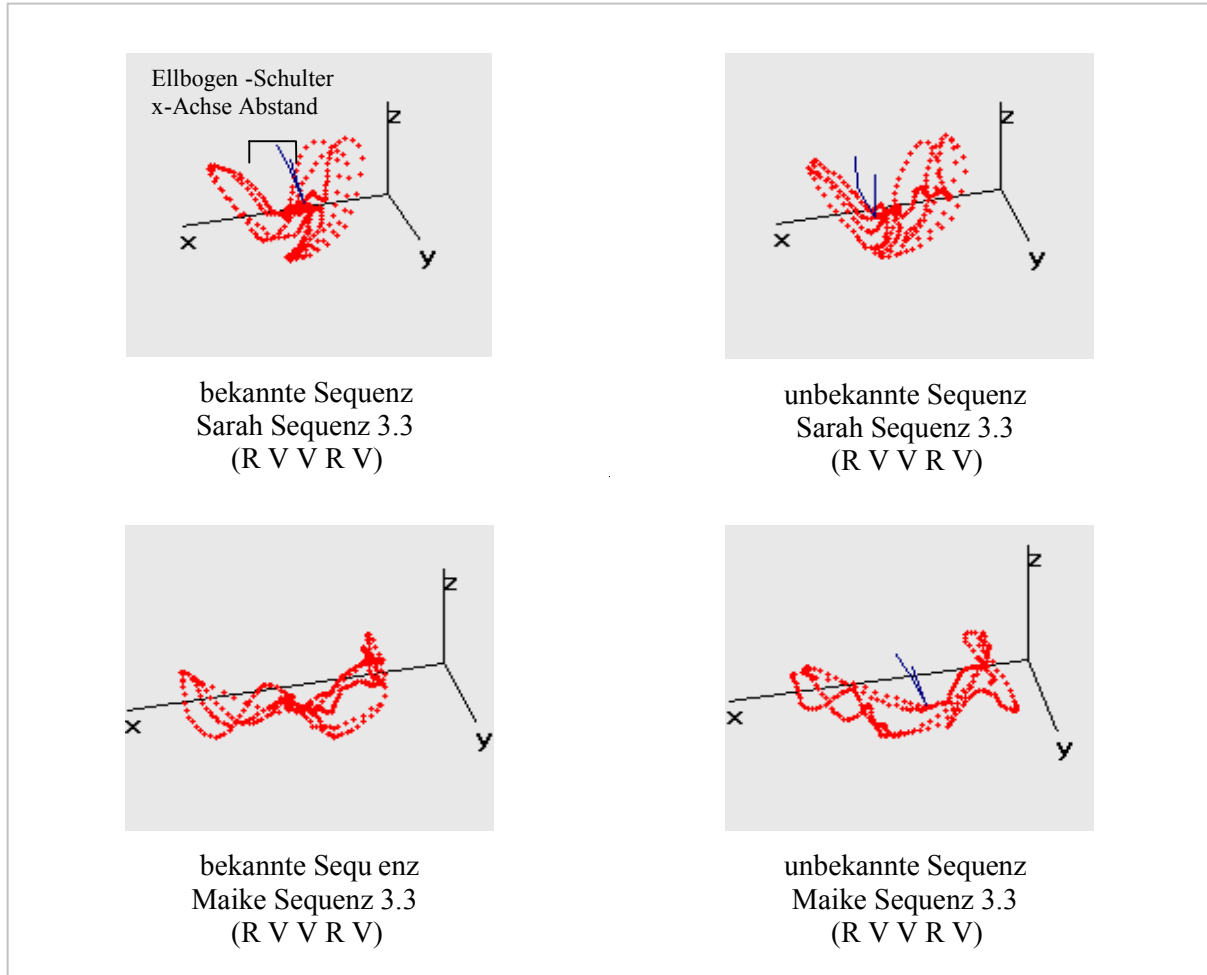


Abbildung 39: Punküberlagerung Ellbogen Sequenz 3, normale Geschwindigkeit, bekannte (links) und unbekannte (rechts) Sequenzstruktur von Sarah (oben) und Maïke (unten). V = Vorhand, R = Rückhand

Die Bewegung des Ellbogens streut, wenn Maïke keine Vorinformationen über den nächsten Ball hat. Die unterschiedliche Ellbogenbewegung bei den drei Vorhand-Topspin-Bewegungen streut bei den Sequenzen 2 und 3 (vgl. Abbildung 40). Die Bewegung von Sarah streut geringer und wird von den Trainern auch weniger als Fehler wahrgenommen.

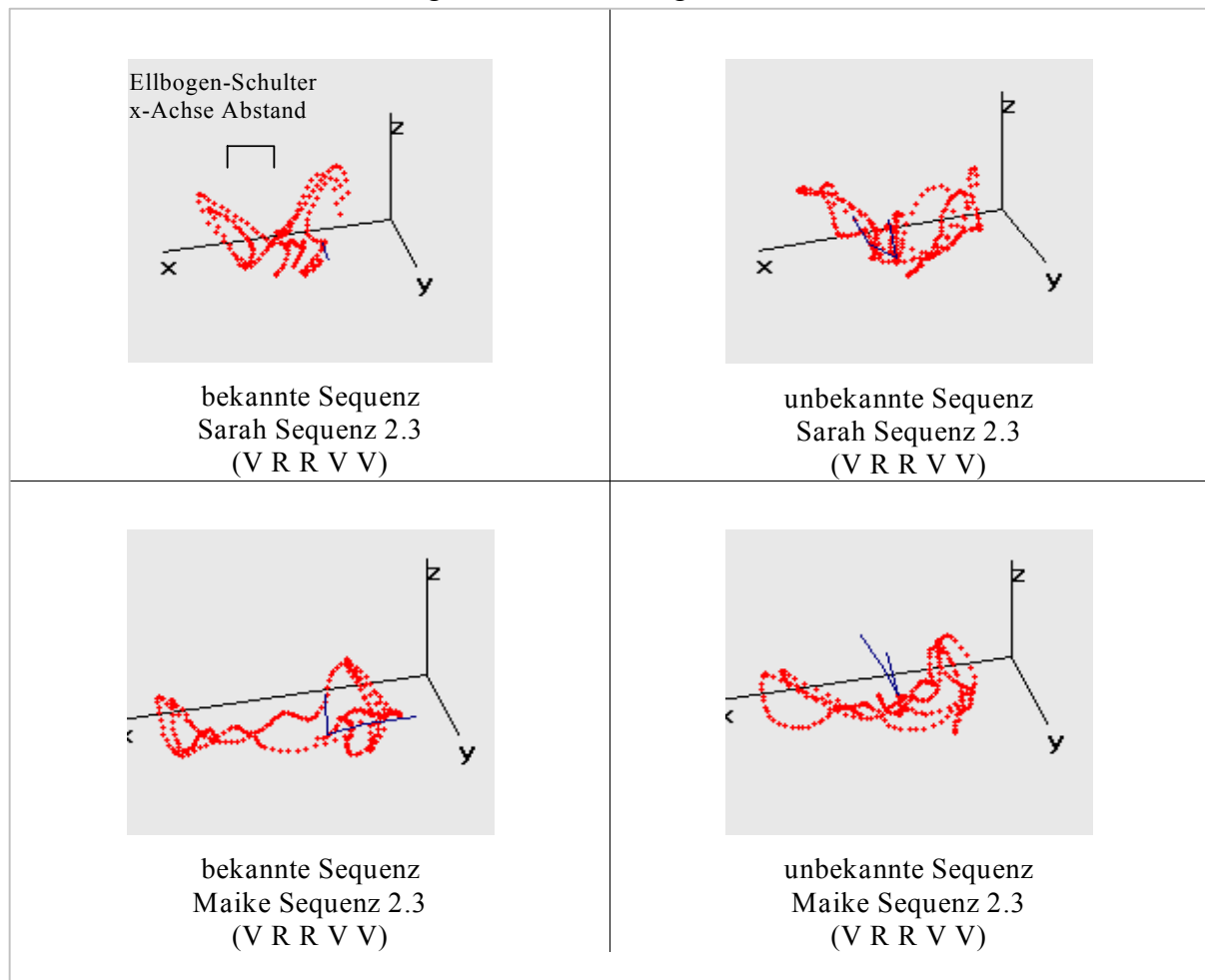


Abbildung 40: Punktüberlagerung Ellbogen Sequenz 2, hohe Geschwindigkeit, bekannte (links) und unbekannte (rechts) Sequenzstruktur von Sarah (oben) und Maïke (unten). V = Vorhand, R = Rückhand

Wie schon bei den normalen Geschwindigkeiten zeigt sich auch bei hoher Geschwindigkeit ein ähnliches Bewegungsmuster für Sarah und Maïke. Wieder beschreibt Maïke längere Bewegungstrajektorien in x-Richtung. Insgesamt sind die Trefferleistungen bei hoher Geschwindigkeit bei Maïke geringer als bei Sarah. Eine Bewegung bei schnell ankommenden Bällen, die viele seitliche, also nicht in Spielrichtung zeigende Komponenten besitzt, kann bei leichten Abweichungen des geschätzten Treffpunktes von Schläger und Ball zu größeren Fehlern führen. Zudem ist plausibel, dass ein optimaler Kraftimpuls mit vielen seitlichen Bewegungen nicht ausgeführt werden kann. Das wird ein Korrekturansatz für Maïke sein.

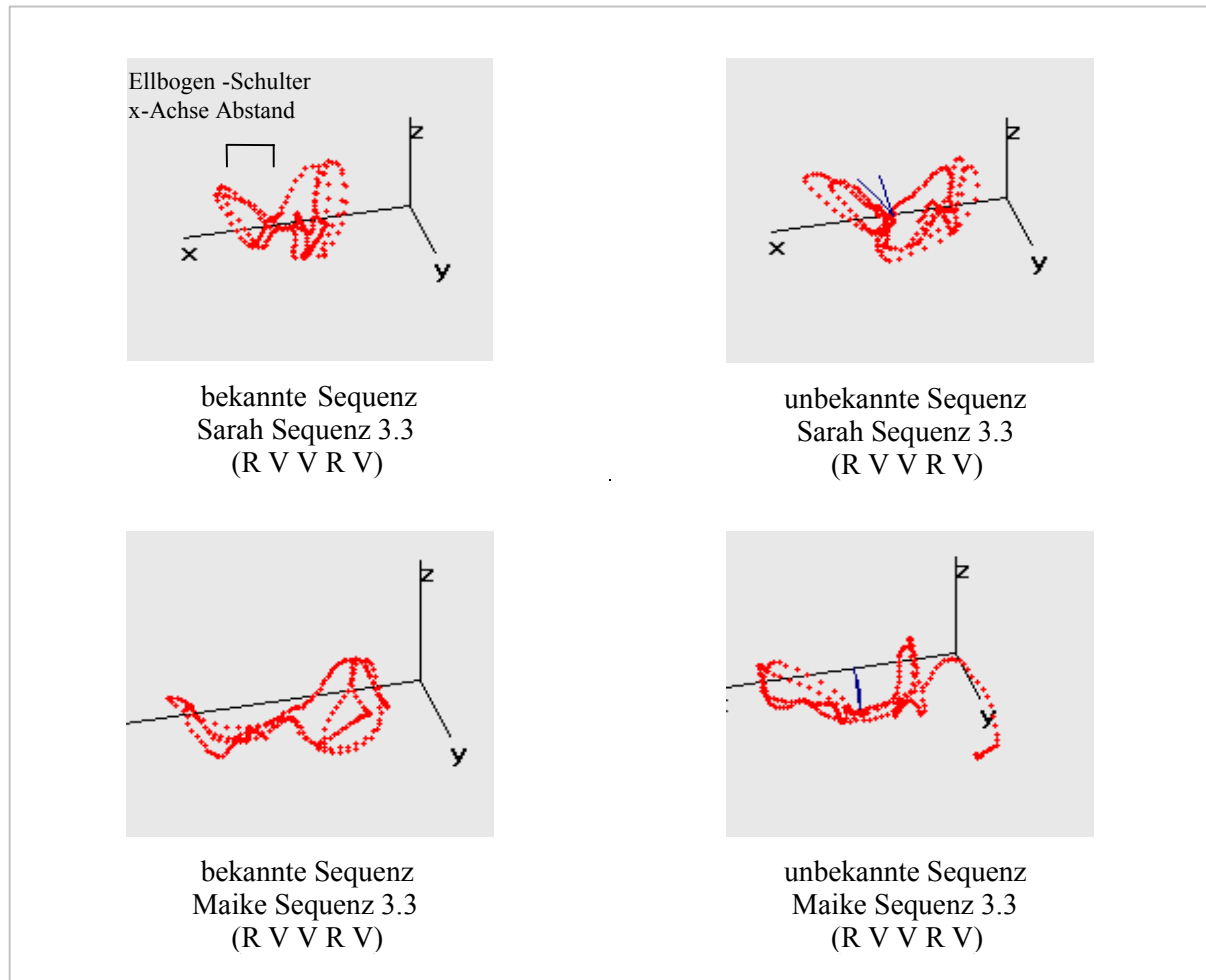


Abbildung 41: Punküberlagerung Ellbogen Sequenz 3, hohe Geschwindigkeit, bekannte (links) und unbekannte (rechts) Sequenzstruktur von Sarah (oben) und Maike (unten). V = Vorhand, R = Rückhand

Die Sequenz 3 unterscheidet sich nicht maßgeblich von der vergleichenden Analyse zwischen Maike und Sarah in Sequenz 2. Vielmehr sind ähnliche Bewegungsstrukturen zu verzeichnen, die darauf hindeuten, dass derselbe Fehler situationsunabhängig produziert wird und deshalb prinzipiell korrigiert werden muss.

Aus den Einzelfallanalysen und den vergleichenden Analysen können zwei Konsequenzen gezogen werden. Erstens sind Korrekturen von individuellen Fehlern in einem Trainingsprogramm vorzunehmen, das spezifische Übungen zur Korrektur der festgestellten Fehler enthält. Zweitens sind aufgrund der vergleichenden Analysen Spieler-Paare mit ähnlichen Fehlern zu bilden.

Die Trainer und Diagnostiker haben bereits mit Hilfe der graphischen und tabellarischen Auswertungen sowie der Videos einen Trainingsplan erstellt, der zu „Best-Practice-Modellen“ für jeden Einzelfall führt. Diese werden im Folgenden von ihrer Struktur und Logik vorgestellt.

Zusammenfassung der Einzelfallanalysen

Die exemplarische Einzelfallanalyse von Hermann sowie die vergleichenden Einzelfallanalysen zeigten, dass trotz einiger gemeinsamer Abweichungen vom Leitbild (z.B. die zu tiefe Ausholbewegung) individuelle Unterschiede in der Bewegungsausführung vorliegen, die entsprechend in der individuellen Rückmeldung berücksichtigt werden sollten.

Tabelle 15: Fehler nach dem Leitbild (vgl. Kapitel 1) und Personen, für die dies besonders relevant ist

Vorhand	Rückhand	Spieler
Das Ausholen unter Tischniveau		Hermann und Katrin
Der Ellbogen ist zu nah am Körper		Maren
Ellbogen verlässt die Bewegungsebene		Sarah
„Scheibenwischertechnik“		Zjelka (nicht in Einzelfällen dargestellt)
Der Ellbogen ist zu weit vom Körper entfernt	Extreme Auf- und Abbewegung	Kathrin
	Hubbewegung aus den Beinen	Maike
	Stoßbewegung statt Schlag	Maike

Wie in Tabelle 15 dargestellt, sind insgesamt mehr verschiedene Fehler bei der Vorhand gefunden worden als bei der Rückhandbewegung. Für die Rückmeldung ist relevant, dass aufgrund der Analyse Schwerpunkte bei den Zusammenstellungen von Trainingspaaren gefunden werden können. Beispielsweise können für Hermann und Kathrin spezifische Übungen zur Ausholbewegung zusammengestellt werden. Maike sollte einen Schwerpunkt auf die Rückhandbewegungen legen. Maren, Maike und Zjelka sollten die Armbewegung beim Vorhandschlag trainieren und es sollten individuelle Rückmeldungen zu den spezifischen Fehlerbildern entwickelt werden.

Bevor die Intervention der Technikoptimierung vorgestellt wird, werden im Folgenden in aller Kürze die Haupteffekte der Diagnostik für den Technikwechsel dargestellt, auf die in der zweiten Intervention nach einer einzelfallanalytischen Betrachtung zurückgegriffen wird (vgl. Kapitel 8).

2.6 Ergebnisse der TTLT-Diagnostik für Technikwechsel

2.6.1 Trefferleistungen

In Hypothese 1a wurde angenommen, dass mit der Anzahl der Übergänge in einer Sequenz die Fehlerpunkte zunehmen. Dementsprechend sind höhere Fehlerwerte in den letzten und niedrigere Fehlerwerte in den ersten Sequenzen zu erwarten, da die Sequenzen 1 und 2 ein bis zwei Übergänge und die Sequenzen 3 und 4 drei bis vier Übergänge enthielten. Der Übergang zwischen Sequenz 2 und 3 (also zwischen der Anzahl von zwei auf drei Übergänge) ist deutlich (Sequenz 2: $M = 2.54$, $SD = .52$; Sequenz 3: $M = 2.81$, $SD = .59$) und ist für den Sequenzunterschied in den Treffern verantwortlich. Warum die Sequenz 1 ($M = 2.70$, $SD = .55$) relativ hohe Fehlerwerte hat und die Sequenz 4 relativ niedrige ($M = 2.64$, $SD = .53$), wird später diskutiert.

In Hypothese 1b wurde angenommen, dass die Position des Übergangs in einer Sequenz keinen Einfluss auf die Trefferleistung besitzt. Dazu wurden die Treffer über alle Sequenzen gemittelt, die nach einem Übergang an 2. Position der Sequenz (von den Sequenzen 2, 3, 4), an 3. Position der Sequenz (von der Sequenz 4), an 4. Position der Sequenz (von den Sequenzen 1, 2, 3, 4) und an 5. Position der Sequenz (von den Sequenzen 3, 4) erfolgten. Aus den sechs möglichen Paarvergleichen sind vier nicht signifikant und zwei (Position 2 im Vergleich zu Position 3 und Position 2 im Vergleich zu Position 4) signifikant. Position 2 erzielt die höheren Fehlerwerte bei dem Zielfeld ($M = 2.96$, $SD = .50$) im Vergleich zu den anderen beiden Positionen (Position 3: $M = 2.53$, $SD = .47$; Position 4: $M = 2.79$, $SD = .41$). Da dies über die Positionen kein klarer Trend ist (z. B. je später/früher in der Sequenz, desto größere Fehler), sind die Werte noch mit den entsprechenden Teilen der Sequenzen derselben Positionen abzugleichen, in denen keine Übergänge erforderlich waren. Dies geht nur für Positionen 2, 3 und 5, da immer bei Position 4 ein Übergang zwischen den Techniken vorher vorkam. Sequenz 2, ohne vorherigen Technikwechsel ($M = 2.62$, $SD = .68$), Sequenz 3, ohne vorherigen Technikwechsel ($M = 2.95$,

SD = .56), und Sequenz 5, ohne vorherigen Technikwechsel ($M = 3.38$, $SD = .96$), zeigen, dass mit späterer Position in der Sequenz schlechtere Trefferleistungen erbracht werden. Allerdings ist dieser Trend nicht signifikant ($p > .05$).

2.6.2 Bewegungswechsel

Hypothese 2a: Je mehr Technikwechsel desto mehr Komponenten sollten in der Bewegung feststellbar sein. Aus der Tabelle 9 ist zu entnehmen, dass für fast alle Bedingungen tatsächlich mehr Bewegungskomponenten für Sequenz 3 als für Sequenz 2 benutzt wurden. Die einzige Ausnahme bildete die Bedingung mit den meisten Übergängen (Sequenz 4) bei hoher Geschwindigkeit, bei denen die Spieler im Mittel am meisten Komponenten benutzten.

Hypothese 3a: Je größer die Bewegung beim Technikwechsel in die Neutralstellung (Absinken des Handgelenks in y-Richtung), desto schlechtere Leistungen bei den Treffern. Es wurden zur Analyse nur die Bewegungen der Sequenzen 2 und 3 herausgefiltert, in denen ein Technikwechsel vorkam. Dies sind bei der Sequenz 2 der Wechsel von Schlag 1 zu Schlag 2 sowie der Schlag 3 zu Schlag 4. Bei der Sequenz 3 waren es dieselben Positionen sowie der Übergang von Schlag 4 zu Schlag 5. Insgesamt konnte ein Absinken nach Ballkontakt von ca. 27 cm festgestellt werden, bevor eine neue Ausholbewegung initiiert wurde. Dabei wurde geringes Verbleiben nach dem Ballkontakt in etwa auf der Höhe des Schlages als direkter Übergang festgelegt. Da die Definition in Schläge mit direktem und indirektem (Neutralstellung) Übergang zu einer binären Variable nur mit einer Reihe von unüberprüfbaren Zusatzannahmen realisierbar ist, werden die mittleren minimalen y-Achsen-Werte mit den Treffern korreliert. Wie zu erwarten, sind die Neutralstellungen (tiefere y-Achsen Werte) bei den unbekannten Strukturen häufiger und tiefer als bei der bekannten Reihenfolge der Sequenzen. Im Mittel ist diese Abweichung für die Sequenzen 2 und 3 bei normaler Geschwindigkeit mit ca. 25,5 cm geringer als mit hoher Geschwindigkeit im Mittel von 27 cm. Bei unbekannter Reihenfolge erhöhen sich die jeweiligen Werte um ca. 2 cm. Eine Korrelation der mittleren y-Achsen Werte in den einzelnen Bedingungen mit den mittleren Trefferleistungen ergab erwartungskonform eine negative Korrelation ($r = -.25$, $p > .05$), deren Betrag aber geringer ausfiel als erwartet.

Hypothese 3b prüft, ob bei größerer Streckenlänge nach Ballkontakt und Start der nächsten Ausholbewegung bei Technikwechseln höhere Trefferleistungen erzielt werden. Dazu werden im Mittel über alle drei Dimensionen (x-, y-, z-Achse) die Streckenlängen (vgl. Kapitel 2.2.2, Tabelle 3) über die Bedingungen verglichen. Dies geschieht wie bei der Hypothese 3a nur über die Übergänge zwischen zwei Schlägen, in denen die Technik gewechselt wird. Die Streckenlängen nehmen entgegen den Erwartungen nicht zwischen unbekannten Reihenfolgen und bekannten Reihenfolgen von Sequenzen zu. Die Streckenlänge korreliert im Mittel über alle Spieler dementsprechend nicht hoch mit den Treffern in den einzelnen Bedingungen ($r = .13$, $p > .05$). Die geringe positive Korrelation, d.h. dass bei größerer Streckenlänge auch etwas höhere Fehlerwerte (entspricht geringeren Treffern) erreicht werden, wird im Prä-Posttest-Vergleich (vgl. Kapitel 8.5) noch einmal genauer analysiert.

Die genauere einzelfallanalytische Betrachtung wird in Kapitel 8.5.3 besprochen, dies betrifft auch die einzelfallanalytische Behandlung der Hypothesen zum Absinken des Armes zwischen den Bewegungen sowie die Analyse der Bewegungstrajektorien zwischen den Vorhand- und Rückhandschlägen.

2.7 Diskussion der Diagnostik

Die Diagnostik der Technikmerkmale und der Technikübergänge kann mit dem durchgeführten TTLT als gewährleistet angesehen werden. Insgesamt sind die Hypothesen zu den

Trefferleistungen hypothesenkonform bestätigt worden und individuelle Differenzen konnten aufgezeigt werden. Bei normaler Geschwindigkeit und mit der Information, wohin der Ball fällt, zeigen sich die Spieler am treffsichersten (vgl. Ripoll, 1989, 1991; Zeng, 1990, für ähnliche Befunde). Bei der Bewegungsanalyse gab es neben der Bestätigung der negativen Effekte von zu weiten Ausholbewegungen überraschende Ergebnisse hinsichtlich der Variabilität der Bewegung bzw. der Ellbogendistanz zur Schulter in der Schlagauführung, die schwache Zusammenhänge zu den Trefferleistungen aufweisen. Die tendenziellen schwachen negativen Zusammenhänge weisen aber eher in die Richtung, dass trotz der Leitbildvorstellung der Trainer variable Ausholbewegungen nicht als Fehler bewertet werden müssen, solange die Bewegungen nicht sehr weit unter der Tischkante beginnen. Auch andere Studien ergeben, dass motorische Variabilität durchaus funktional sein kann. Bootsma und van Wieringen (1988) beispielsweise zeigen bei einer Untersuchung von Tischtennisschlägen holländischer Nationalspieler, dass zwar keine konstanten Bewegungslängen nachzuweisen sind, andererseits jedoch eine hohe Treffergenauigkeit besteht. Die Variabilitäten der Ellbogenführung (z. B. Kathrin) erhöhen sich erwartungsgemäß, wenn die Spieler keine Vorinformationen über den nächsten Ball haben (vgl. Ripoll 1989, für ähnliche Ergebnisse).

Da über alle Bedingungen und Spieler die Sequenzunterschiede etwas schwächer ausfielen als angenommen, sind möglicherweise Empfehlungen in der Evaluation zu geben, die auf eine Verkürzung des Faktors Sequenz hinwirken. Im Folgenden soll zunächst einmal dargestellt werden, wie von der Analyse der Fehlermerkmale in den Techniken ein Training umgesetzt wird, das in diesem Leistungsbereich zu Verbesserungen innerhalb kürzester Zeit führen soll.

3. Einzelfallintervention: „Best-Practice-Modell“ für die Technikoptimierung

Der „Best-Practice“-Ansatz orientiert sich an den klassischen Systematiken von der Trainingsplanung bis zur Trainingsauswertung (vgl. Martin, Carl & Lehnertz, 1991; Starischka, 1988). Es wird davon ausgegangen, dass sich das Modell (vgl. Abbildung 42), das sich bislang am besten in der Praxis durchgesetzt hat, als Grundlage für weitere Optimierungsschritte eignet. Vor allem ist festzuhalten, dass die Bundes- und Stützpunkttrainer bereits Erfahrungen mit spezifischen Methoden bei den einzelnen Sportlern gemacht haben, und diese Erfahrungen in die Gestaltung der Intervention ebenso wie individuelle Vorlieben für spezifische Methoden im Techniktraining einfließen. Auf der Grundlage der individuellen diagnostischen Daten kann dieser Vorgang optimiert werden, da spezifische Probleme mit spezifischen Übungen angegangen werden können. Besondere Aspekte der Leistungssteuerung im Kindes- und Jugendalter werden berücksichtigt (vgl. Grosser, Brüggemann & Zintl, 1986; Martin, Nicolaus, Ostrowski & Rost, 1999).

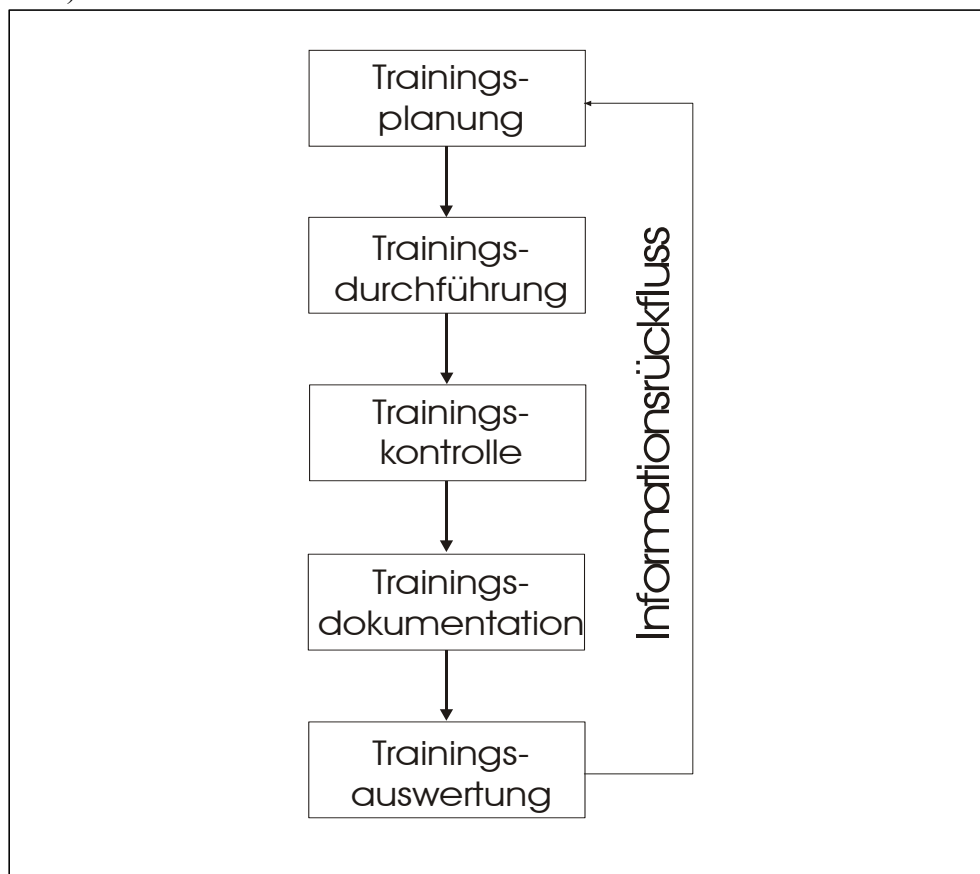


Abbildung 42: Zwischenschritte im Rahmen der Trainingsgestaltung

Bei der Planung für ein systematisches Leistungstraining werden die Inhalte des Trainings festgelegt (vgl. Sleamaker, 1991). Diese orientieren sich am Rahmentrainingsplan. Martin (1980) empfiehlt die folgende Vorgehensweise zu dessen Erstellung:

1. Analyse des gegenwärtigen Leistungsstandes und entsprechende Bedingungen, wie er zustande kam, also die Ist-Zustandsanalyse und die Auswertung der Trainingsdokumentation,
2. Formulierung der Ziele,

3. Entwurf eines Jahrestrainingsplans,
4. Ableitung der Wochentrainingspläne.

Um die Ist-Zustandsanalyse durchführen zu können, bedarf es einer geeigneten Diagnostik, die mit dem TTLT entwickelt und oben dargestellt worden ist. Die Ergebnisse dieser Diagnostik müssen Spielern und Trainern in unterschiedlicher Form gemeldet werden (vgl. Perl, Boguschewsky & Meiberth, 1994). Wie dies für den TTLT geschehen ist, wird nachfolgend erläutert.

Die Einzelfallintervention wird von zwei Säulen getragen: erstens der eigens für die TTLT-Diagnostik entwickelten Videorückmeldung. Diese Intervention wurde besonders umfangreich entwickelt, da junge Spieler oft mit Raum-Zeitverläufen überfordert sind. Dementsprechend wurden Ist- und Soll-Wertvorstellungen visualisiert. Zweitens dem Hallentraining, das sich vom bisherigen Training darin unterscheidet, dass die Übungsauswahl auf der Grundlage der Rückmeldung aus der TTLT-Diagnostik erfolgt.

3.1 Videorückmeldung

Die Spieler erhalten eine Woche nach der Diagnostik ein Videoband, das ihnen eine Rückmeldung über die eigene Vorhand-Topspin- und die Rückhand-Konter-Technik gibt. Als Technikleitbild wurden Aufzeichnungen der Schlagtechniken von den deutschen Spitzenspielern Jörg Roßkopf und Steffen Fetzner genutzt.

Das Videoband enthält für die jeweilige Technik einen Soll- und einen Ist-Wert und dient der systematisch-strukturierten Rückmeldung (vgl. Grosser & Neumaier, 1988). Die Gesamtbewegung wird ohne Aufmerksamkeitslenkung vorangestellt, um dem Spieler die Möglichkeit zu geben, die Bewegung holistisch zu erfassen (vgl. Daus, Blischke, Marschall & Müller, 1990; Fehres, 1992). So kann der Spieler seinen Fehler sehen und seine eigene Bewegung anschließend mit dem Soll-Bild vergleichen (vgl. Korpa, 1987). Die Korrektur erfolgt durch den Trainer beim Anschauen der Videos.

In der folgenden Tabelle ist das „Drehbuch“ für die Videorückmeldung beschrieben.

Tabelle 16: Ablauf des individuellen Videobandes „Technik, für die Spieler

Dauer	Video-Szene	Instruktion	Audio
10 sec	TTLT Titel	Gesprochener Text: Beim TTLT werden unter anderem die Techniken von Vorhand-Topspin und Rückhand-Konter überprüft. Unterschiedliche Sequenzen ...	Musik „Australia“ (Sydney 2000)
40 sec	Spelszene	... werden in verschiedener Reihenfolge und Geschwindigkeit vom Trainer eingespielt; alle Bälle werden in ein Zielfeld geschlagen.	Musik
6 sec	das Wort „TTLT“ aus Bällen und Schlägern auf TT-Tisch		Musik
7 sec	Einblendung: Name des Spielers, Datum der Aufnahme	Gesprochener Text: Dieses Video soll dir deutlich machen, inwieweit du deine Technik noch verbessern kannst	
60 sec	normale und bekannte Sequenzen	Einblendung: Achte auf deinen Vorhand-Topspin.	O-Töne (Ballgeräusche)
30 sec	Technikleitbild Jörg Roßkopf, Steffen Fetzner Vorhand-Topspin	Einblendung: So sieht der Vorhand-Topspin aus.	
180 sec	unterschiedliche Sequenzen und Perspektiven	Einblendung: Lass dich nun von deinem Trainer korrigieren.	
60 sec	normale und bekannte Sequenzen	Einblendung: Achte auf deinen Rückhand-Konter.	O-Töne (Ball)
26 sec	Technikleitbild Jörg Roßkopf, Steffen Fetzner Rückhand-Konter	Einblendung: So sieht der Rh-Konter aus.	
180 sec	unterschiedliche Sequenzen und Perspektiven	Einblendung: Lass dich nun von deinem Trainer korrigieren.	

Die Trainer erhalten als Rückmeldung eine Zusammenstellung einiger typischer Spielszenen der einzelnen Spieler zusammen mit den graphischen Rückmeldungen über die Technikausführungen der Vor- und Rückhand (vgl. Kapitel 2.5.2).

3.2 Techniktraining in der Halle

Die Durchführung des Trainings obliegt den Bundes-, Stützpunkt- und Heimtrainern. Die Leistungsentwicklung und der aktuelle Leistungszustand des Spielers verlangen entsprechende Modifikationen des Trainings. Deshalb werden Trainingskontrollen und -dokumentationen durchgeführt, um spätere Erfolge den entsprechenden Übungsgestaltungen zuordnen zu können.

Nach der diagnostizierten Leistung werden in der Trainingsplanung zwei verschiedene Ziele formuliert, die durch die folgenden Phasen beim Techniktraining in der Halle erreicht werden sollen:

Die erste Phase – genannt „Technikoptimierung“ – hat zum Ziel, die beiden Techniken Rückhand-Konter und Vorhand-Topspin zu optimieren (vgl. Martin, Carl & Lehnertz, 1991; Neumaier, 1997). Das geschieht auf der Basis der diagnostizierten Leistung im TTLT, der Fehlerkorrektur durch die Trainer und der Rückmeldung in Form des individuellen Videobandes. Die Dauer beträgt fünf Wochen (vgl. Kapitel 3 Überblick über die Interventionen).

In der zweiten Phase – dem „Technikwechsel“ –, die sich unter anderem auf die Ergebnisse der kinematischen Analyse stützt, werden die Übergänge zwischen den einzelnen Techniken optimiert. Diese Phase dauert auch fünf Wochen. Anschließend werden die Leistungen im Wettkampf evaluiert.

Da die Spieler nur einmal pro Woche als Auswahlteam am Bundesleistungszentrum gemeinsam und an den übrigen Tagen in den Heimatvereinen, Landesleistungszentren oder ähnlichen Übungsstätten trainieren, werden in Zusammenarbeit mit den beiden Trainern Lehmann und

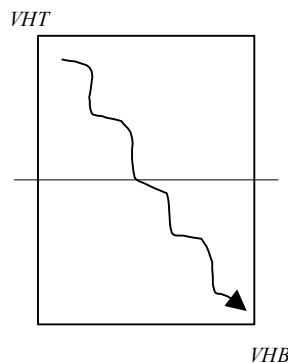
Schmidt sechs verschiedene Übungen für das Techniktraining zusammengestellt, die an allen Orten gespielt werden können. Als Hilfe für die Korrektur dient das individuelle Videoband.

Wie bereits dargestellt, wird bei der Trainingsplanung zwischen verschiedenen Planungstypen unterschieden. Da die Spieler zusätzlich individuell verschieden trainieren und das Techniktraining nur eine Komponente des Gesamttrainings ausmacht, sind die folgenden Übungen nur ein Teil eines mehrwöchigen Gruppenplans.

Die Übungen der ersten Phase „Technikoptimierung“ im einzelnen (Vh = Vorhand, Rh = Rückhand, VHT = Vorhand-Topspin, VHB = Vorhand-Block, VHK = Vorhand-Konter, RHK = Rückhand-Konter, RHT = Rückhand-Topspin. Eine gewellte Linie steht für den Topspin, eine gerade Linie für den Konter. Trainer und Spieler sind mit dieser Art der Notation vertraut):

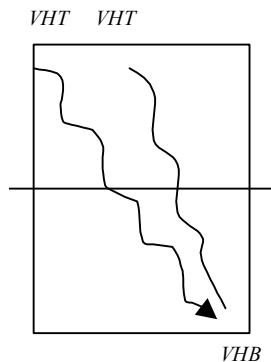
Übungen für die Verbesserung des Vh-Topspins:

1. Vh-Topspin aus Vh auf Vh-Block (diagonal)



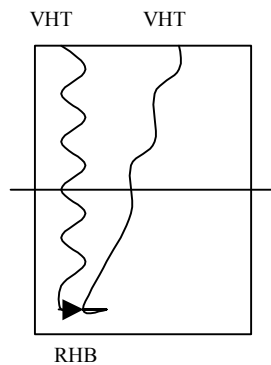
Einfache regelmäßige Übung: Der Vh-Topspin wird aus gleichbleibender Ausgangsposition mit gleichbleibendem Ziel geübt. Es handelt sich um die einfachste Möglichkeit, da der Schlag über die Diagonale ausgeführt wird und der Spieler somit – bedingt durch die Verlängerung des Ballweges – für die Bewegungsausführung mehr Zeit hat.

2. Vh-Topspin aus Vh und Mitte auf Vh-Block



Kombiniert regelmäßige Übung: Die Ausgangsstellung wird variiert, das Ziel bleibt gleich. Zwar wird die längere Weglänge beibehalten, aber durch die sogenannte „Kleine Beinarbeit“ ist der Spieler gezwungen, den Topspin aus der Bewegung heraus zu spielen.

3. Vh-Topspin aus Vh auf Rh-Block (parallel)

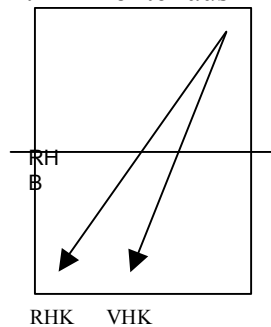


Kombiniert regelmäßige Übung: Der Topspin wird mit variierender Ausgangsstellung aber gleichbleibendem Ziel geübt. Die Weglänge des Balles wird verkürzt, wodurch das Spiel schneller wird.

Übungen für die Verbesserung des Rh-Konters:

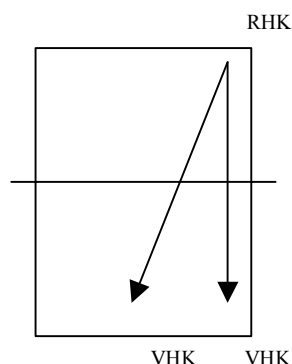
Der Rh-Konter wird von den modernen vorhandorientierten Spielern nur aus der Rh-Seite gespielt. Bälle in Tischmitte werden mit der stärkeren Vorhand beantwortet. Aus diesem Grund wird der Rh-Konter auch nur aus der Rh-Seite trainiert.

4. Rh-Konter aus Rh auf Rh-Konter aus Rh und Vh-Konter aus Mitte



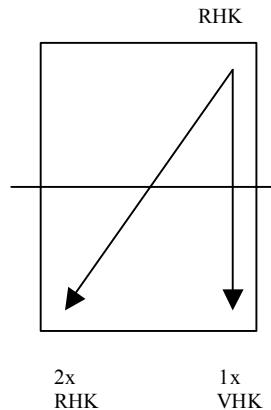
Kombiniert regelmäßige Übung: Bei gleichbleibender Ausgangsstellung wird das Ziel variiert. Der Ball wird über die Diagonale gespielt, um dem Übenden mehr Zeit zu geben (siehe oben). Der Mitspieler wird mehr gefordert, da er zwischen Rh- und Vh-Konter wechseln muss. Dies geschieht aber noch ohne besondere Beanspruchung der Beinarbeit.

5. Rh-Konter auf Vh-Konter aus Vh und Mitte



Kombiniert regelmäßige Übung: Bei gleichbleibender Ausgangsstellung wird das Ziel variiert, der Schlag wird parallel geübt, wodurch die Weglänge des Balles verkürzt und damit das Spiel schneller wird. Der Rückschläger beantwortet alle Bälle mit Vh-Konter, wird aber durch die „Kleine Beinarbeit“ zwischen weiter Vh und Mitte beansprucht.

6. 2x Rh-Konter auf Rh-Konter aus Rh, 1x Rh-Konter auf Vh-Konter aus Vh



Kombiniert regelmäßige Übung: Der Übende spielt nach einem parallelen Rh-Konter zwei diagonale Rh-Konter, die mit Vh- bzw. Rh-Konter beantwortet werden. Der Übende muss von der großen Distanz der gesamten Tischdiagonale zum kurzen parallelen Konterschlag „umschalten“. Dieser Wechsel ist im Spiel häufig Ursache von Fehlern. Der Rückschläger wird hier stärker belastet, da er die „Große Beinarbeit“ über den ganzen Tisch zum Einsatz bringen muss.

3.3 Trainingskontrolle

Während der fünfwöchigen Trainingsphase wurde durch regelmäßige Besuche der Evaluatoren sichergestellt, dass die geplanten Inhalte auch umgesetzt wurden. Die Umsetzung wurde dadurch gewährleistet, dass während der Besuche die geplanten Inhalte mit den real stattgefundenen Inhalten verglichen sowie die Trainingstagebücher der Spieler am Ende der Trainingseinheit angeschaut wurden. Die Besuche garantierten zudem den regelmäßigen Kontakt zu Inventoren (Trainern) und Spielern (vgl. Kapitel 1). Die Trainingskontrolle, bei der sich routinemäßig Evaluatoren und Inventoren trafen, erfolgte mittwochs beim Stützpunkttraining. Aufgrund örtlicher Gegebenheiten wurden auch außerhalb dieser Treffen Informationen ausgetauscht, zum Beispiel in Heidelberg beim Mittagessen, da das Tischtennisleistungszentrum und das Institut für Sport und Sportwissenschaft dieselbe Kantine benutzten.

3.3.1 Trainingsdokumentation

Die Trainingsdokumentation leistet einen entscheidenden Beitrag zur optimalen Steuerung des Trainings. Die Aufzeichnung der Trainingsinhalte und -umfänge ermöglicht es, Leistungsverbesserungen teilweise auf spezifische Trainingsinhalte zurückzuführen. Die Trainingsplanung ist so durch die aus der Trainingsdokumentation gewonnenen Erfahrungen ständigen Veränderungen und Verbesserungen unterworfen.

Trainingsdaten müssen nach einem bestimmten Konzept festgehalten werden, um aussagekräftige und relevante Ergebnisse zu erzielen. Über Kategorien werden die einzelnen Trainingsinhalte in Klassen eingeteilt, über die Quantifizierung wird die geleistete Arbeit in Zahlen ausgedrückt, was eine statistische Beobachtung und Analyse des Trainings ermöglicht. Quantifiziert werden der Zeitpunkt des Trainings, der Belastungsumfang und die Belastungsintensität (vgl. Martin, 1980, S. 204-206).

Um an diese Trainingsdaten zu gelangen, werden Trainingsprotokolle durch die Trainer erstellt und Trainingstagebücher geführt, in die die Sportler ihr Training nach bestimmten Kategorien eintragen.

Wie bereits erwähnt, trainiert die Gruppe nur drei Stunden pro Woche gemeinsam im DTTZ Heidelberg, doch auch an anderen Trainingstagen stehen die Spieler unter der Obhut der beiden kooperierenden Trainer, sodass ein Umsetzen der geplanten Trainingsinhalte garantiert ist. In der

übrigen Zeit wird auf die Kooperation der jeweiligen Vereinstrainer gesetzt. Wegen der unterschiedlichen Trainingsgewohnheiten, die in Tabelle 5 (vgl. Stichprobe) deutlich werden, scheint die Möglichkeit der Trainingsdokumentation über Tagebücher angebracht.

Der Heimtrainer wird brieflich oder persönlich gebeten, die angegebenen Übungen im Training so oft wie möglich durchzuführen, beim Eintragen in die Trainingstagebücher zu helfen, das individuelle Videoband zur Technikkorrektur zu nutzen und die Anteile des Techniktrainings am Gesamttraining zu dokumentieren. Auf diese Weise kann die Phase des Techniktrainings optimiert werden.

Für das Training mit dem individuellen Videoband wird dem Spieler empfohlen, es zweimal pro Woche gemeinsam mit dem Trainer anzuschauen. Er erhält zu Beginn der Trainingsphase ein kleines gelbes Buch als Trainingstagebuch. Hier wird dokumentiert, wann der Spieler das Videoband angeschaut hat, wie viel Zeit er sich dafür genommen hat, und ob der Trainer dabei war oder nicht. Der folgende Ausschnitt zeigt, wie diese Dokumentation erfolgt.

Tabelle 18: Übungsumfang der einzelnen Übungen zur Technikoptimierung

Übung	Mittelwert (Anzahl pro Woche)	Standardabweichung
1 (Vh-Topspin aus Vh auf Vh-Block diagonal)	9,83	4,83
2 (Vh-Topspin aus Vh und Mitte auf Vh-Block)	8,67	4,63
3 Vh-Topspin aus Vh auf Rh-Block, parallel)	8,50	4,55
4 (Rh-Konter aus Rh auf Rh-Konter aus Rh- und Vh-Konter aus Mitte)	8,83	4,83
5 (Rh-Konter aus Vh-Konter aus Vh und Mitte)	7,83	3,97
6 (2x Rh-Konter aus Rh-Konter aus Rh, 1x Rh-Konter auf Vh-Konter aus Vh)	8,33	3,83

Die einzelnen Übungen wurden relativ gleich oft im Training verwendet. Die Standardabweichungen zeigen jedoch auch, dass für den Einzelfall differenzierter analysiert werden muss, mit welchen Übungen der Spieler Technikoptimierungen realisiert hat. Unser exemplarischer Einzelfall Hermann spielte beispielsweise die Übungen 3 und 4 überdurchschnittlich oft im Vergleich zur Stichprobe.

Tabelle 19 zeigt die Mittelwerte der Stichprobe zur Videodokumentation. Im Mittel wurde das Video zweimal pro Woche ohne Trainer angeschaut. Die hohen Streuungen sind beachtlich, da es einige Spieler keinmal und einige Spieler zwanzigmal angeschaut haben. Aufgrund der Streuung sind Mittelwerte kein geeignetes Maß. Die große Streuung kann jedoch dazu benutzt werden, die Leistungsentwicklungen einzelner Spieler teilweise auf die Benutzung des Videos zurückzuführen.

Tabelle 19: Dokumentation des Videotrainings mit und ohne Trainer

Video	Mittelwert	Standardabweichung
Mit Trainer	2,20	4,38
Ohne Trainer	8,20	8,44

Zusammenfassend ist der selbstständige Umgang mit den Videoinformationen besonders hervorzuheben. Aufgrund der hohen Streuungen muss allerdings auch davon ausgegangen werden, dass nicht alle Spieler das selbstständige Videotraining durchführen. Mit Hilfe der Dokumentation kann das kontrolliert werden und entsprechend können die Videositzungen mit und ohne Trainer an das Verhalten des Spielers individuell angepasst werden.

3.5 Leistungskontrolle im Wettkampf

Zum Schluss der Trainingsphase „Technikoptimierung“ wird ein Turnier veranstaltet, bei dem die Fortschritte der einzelnen Spieler durch die Trainer überprüft werden. Die Wettkampfdiagnostik (vgl. Hohmann, 1999) dient der Leistungsstrukturanalyse und trennt die Leistungen der einzelnen Techniken (Grosser & Neumaier, 1988) von den Technikübergängen. Die Trainer bewerten die Verbesserungen bei den beiden Techniken und im Bereich der Beinarbeit auf einer Skala zwischen 1 und 6. Eine sehr gute Leistungssteigerung wird mit 1, keine Leistungssteigerung mit 6 bewertet. Wie in Kapitel 2.3 beschrieben, dient eine Trainingsgruppenhälfte als quasi-experimentelle Kontrollgruppe, die am wöchentlichen Training teilnimmt. Der Unterschied zwischen der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe besteht lediglich darin, dass die Interventionsgruppe durch die Leistungsdiagnostik eine individuell zugeschnittene Übungsgestaltung sowie die Videobänder erhielt. Der Gesamtumfang des Trainings und der Anteil des Techniktrainings waren bei beiden Gruppen gleich. Die Interventionsgruppe hatte durch die Diagnostiktermine keinen Vorteil, weil die Diagnostik während des üblichen Trainings in einem anderen Raum durchgeführt wurde.

Die Ergebnisse der Leistungskontrolle sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

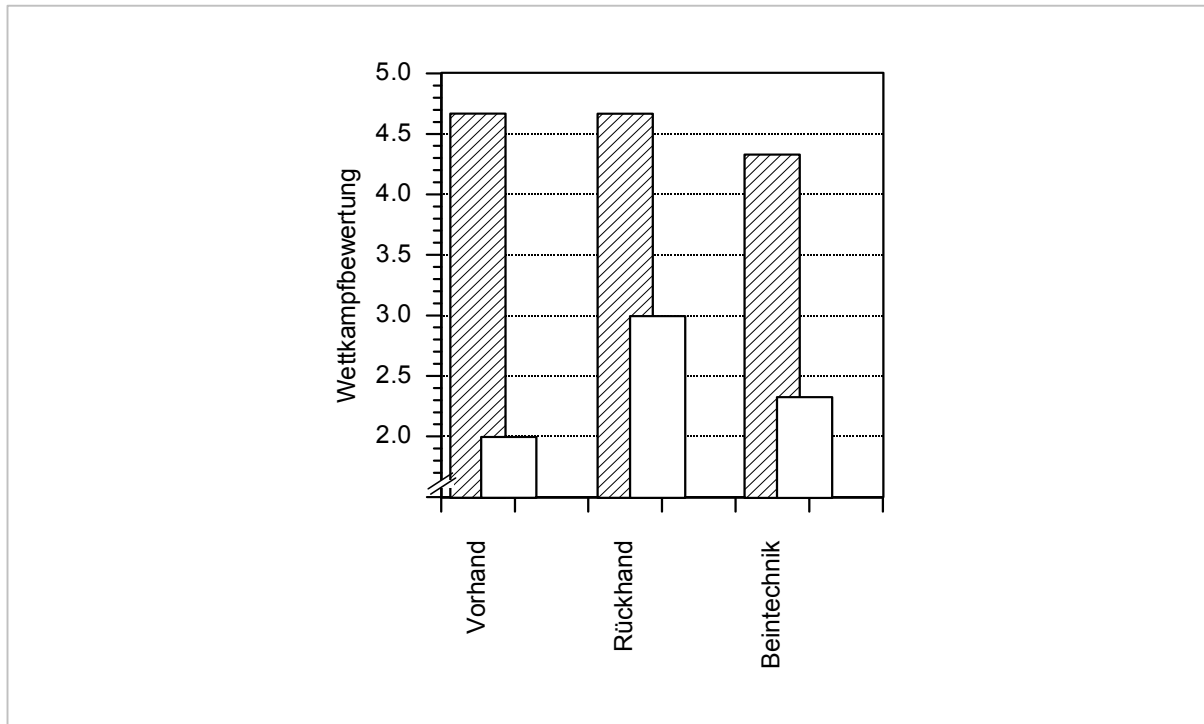


Abbildung 43: Leistungsverbesserungen der Interventions- (weißer Balken) vs. Kontrollgruppe (gestrichelter Balken) in der Wettkampfanalyse. Bewertung nach Schulnoten, das heißt weniger Punkte = bessere Leistung

Die Abbildung zeigt, dass die Leistungsverbesserungen der Treatmentgruppe deutlich höher bewertet werden als die der Kontrollgruppe. In ANOVAs mit den Gruppen als Faktor und der Bewertung der Trainer für Vorhand ($F(1,18) = 56.07$, $p < .01$), Rückhand ($F(1,18) = 31.05$, $p < .01$) und Beinarbeit ($F(1,18) = 78.85$, $p < .01$) gab es bessere Bewertungen für die Interventionsgruppe. Die Ergebnisse sollten mit Vorsicht behandelt werden, da es sich um subjektive Einschätzungen der Trainer handelt und nicht klar ist, inwieweit mögliche Verzerrungen in den Urteilen zu diesem Ergebnis geführt haben.

3.6 Diskussion

Die Phase I der Intervention beinhaltet zwei zentrale Schritte. Das Konzept „Mit der Praxis für die Praxis“ und das „Best-practice-Modell“ für die einzelfallorientierte Technikoptimierung. Mit dem Konzept „Mit der Praxis für die Praxis“ wurden relevante Fragestellungen entwickelt und in ein überprüfbares Forschungsdesign transportiert. Dieses Vorgehen wurde am Problem der Technikoptimierung realisiert. Besonders die Entwicklung einer Leistungsdiagnostik war ein entscheidender Schritt zur Erfassung von individuellen Technikmerkmalen, die bei schnellen Vorhand- und Rückhandschlägen schwer zu entdecken sind. Der zweite Schritt, das „Best-practice-Modell“, wurde für jeden einzelnen Spieler entworfen. Es enthielt individuelle Rückmeldungen aus der Leistungsdiagnostik, ein individuell konzipiertes Videotraining und ein individuelles Hallentraining zur Technikoptimierung von Vorhand- und Rückhandschlägen. Jeder Schritt der Vorgehensweise muss im Folgenden einer Evaluation unterzogen werden, bevor die beiden Verfahren beim Kernproblem, der Optimierung von Technikwechseln, angewendet werden können.

Phase II: Evaluation

4. Programmevaluation als Methode für das Techniktraining

Das Thema Evaluation hat in der letzten Zeit maßgeblichen Einfluss in der Sportwissenschaft bekommen (vgl. Schwerpunkt auf dem dvs-Hochschultag 1999, Roth, Pauer & Reischle, 1999). Allerdings gibt es erst wenige Versuche, Programme in der Trainings- und Bewegungswissenschaft und Interventionen systematisch zu evaluieren (vgl. Lames, 1999). Diese in der psychologischen Literatur terminierte Programmevaluation (vgl. Borich & Jemelka, 1982; Hager, Patry & Brezing, 2000; Isaac & Michael, 1978; Rossi, Freemann & Hofmann, 1988) soll im Folgenden in ihren möglichen Varianten dargestellt werden. Die Evaluation insbesondere der prozessbegleitenden Trainings- und Wettkampfforschung für die Sicherung der Praxisrelevanz von Forschungsprogrammen, einer umfassenden Betrachtung von Training sowie die daraus resultierenden forschungsstrategischen Konsequenzen sind evident (vgl. Lames, 1999, S. 60 f.). Neben den bereits dargestellten Einzelfallbetrachtungen zur sport(-psychologischen) Begleitung von Athleten im Spitzensport gibt es eine Reihe von standardisierten Evaluationsformaten, die sich jedoch vor allem auf die sportpsychologischen Fragestellungen beziehen und weniger auf das Techniktraining. Beispielsweise haben Partigton und Orlick (1987) für den Spitzensport einen Evaluationsbogen zur Bewertung von Beratern entworfen (CEF: Sport Psychology Consultant Evaluation Form). Die Evaluation beinhaltet eine Befragung von Athleten zur Einschätzung der Interventionen von Sportpsychologen. Die Autoren haben diesen Fragebogen an 104 kanadische Olympiateilnehmer verschiedener Sportarten verteilt. Fragen zu den Interventionsprogrammen, zur organisatorischen Abwicklung der Intervention uvm. konnten auf einer 11-stufigen Skala beantwortet werden. Die Ergebnisse zeigen, dass die Athleten diejenigen Berater bevorzugten, die konkrete Probleme und Strategien im Sportalltag des Athleten aufzeigen konnten. Eine umfangreichere Befragung von Athleten, Beratern, Trainern und sportwissenschaftlichen bzw. sportmedizinischen Delegierten bestätigte die Ergebnisse der ersten Studie mit amerikanischen Olympiateilnehmern und erweiterte die Einsicht in die Notwendigkeit, Evaluationen bei verschiedenen am Sport beteiligten Personen durchzuführen (Gould, Murphy, Tammen & May, 1991). Eine Alternative zu den sportartübergreifenden Evaluationsverfahren bieten die sportartspezifischen Checklisten. Beispielsweise haben Lines, Schwartzman, Tkachuk, Leslie-Toogood und Martin (1999) für das Schwimmen und Basketball Verhaltenschecklisten entworfen, die individualisierte Stärken und Schwächen des aktuellen Leistungszustandes entdecken, sodass daraus gezielte und individualisierte Interventionsprogramme entworfen und evaluiert werden können. Diese Checklisten haben den Vorteil, in der Sprache der jeweiligen Sportart zugänglich für die Probleme der Athleten zu sein und in Zusammenarbeit mit Trainern und Athleten typische Problembereiche abzubilden, wie der Umgang mit Wettkampfsituationen, die Kommunikation mit dem Trainer und die Fehlerkorrektur (Greenspan & Feltz, 1989). Martin, Toogood und Tkachuk (1997) haben für bereits 21 verschiedene Sportarten diese Verhaltenschecklisten erstellt. Die von uns benutzten Tagebücher zur Dokumentation der Trainingsinhalte können als Vorbereitung zur Führung solcher umfassender Checklisten angesehen werden. Neben diesen umfangreichen Studien gibt es eine Reihe von nicht standardisierten Evaluationsbemühungen in den verschiedensten Sportarten mit den unterschiedlichsten Zielen und weiteren wichtigen Parametern (z. B. Länge der Intervention, Leistungsniveau etc.) für deren Überblick auf die existierenden Überblickswerke verwiesen wird (Greenspan & Feltz, 1989). Vielen dieser Studien ist gemeinsam, dass die Intervention und Evaluation von Anfang an Hand in Hand geplant wurde (Anderson & Ball, 1987). Beispielsweise haben Cogan und Petrie (1995) in einer achtmonatigen Pilotphase zunächst die Bedürfnisse der einzelnen Universitätsmannschaften im Frauen-Turnen evaluiert, bevor eine Intervention mit anschließender Gesamtbeurteilung für die folgende Wettkampfsaison durchgeführt wurde. Diese wie eine Reihe weiterer Studien unterliegen jedoch einigen methodischen Problemen, die die Validität der Aussagen in Frage stellen. Beispielsweise

wurden in der Studie von Cogan und Petrie (1995) Leistungen einer Interventions- und Kontrollgruppe aus verschiedenen Wettkampfmannschaften gebildet, deren Basisleistungen nicht bekannt waren, bei denen die Trainingsinhalte der Kontrollgruppe nicht systematisch kontrolliert wurden und bei denen die alleinige Selbstevaluation auf einer siebenstufigen Likert-Skala die einzige Bewertung war. Ein weiteres Beispiel für methodische Schwächen bildet die Studie von Kirschenbaum, Owens und O'Connor (1998) für eine Intervention von Wettkampfverhalten im Golf. Die Stichprobe von fünf Golfern mittleren Leistungsniveaus bewerteten die Intervention alle mit dem gleichen Maximal-Wert auf einer siebenstufigen Likert-Skala. Allerdings unterschieden sie sich in ihrer Leistungsverbesserung bei einer Follow-up-Erhebung drei Monate nach dem Treatment sehr deutlich. Worauf diese Streuung zurückzuführen ist, kann aufgrund mangelnder Kontrolle der Phase nach der Intervention nicht nachvollzogen werden. Zudem ist die alleinige Bewertung des Leistungsfortschritts auf einen einzigen Zeitpunkt nach der Intervention ohne Kenntnis der intraindividuellen und interindividuellen Streuungen nicht interpretierbar, wenn man nicht von einem ganz stabilen, höchsten Leistungsbereich bspw. eines Tiger Woods oder Michael Schuhmachers ausgeht. Sidman (1960) argumentiert, dass für instabile Leistungen die Variabilität zu einem wichtigen methodischen und inhaltlichen Parameter wird (vgl. auch Bryan, 1987 und Kapitel 10).

4.1 Grundlagen der Programmevaluation

Evaluationen sind „wissenschaftliche Untersuchungen zum Erfolg oder zur Effektivität von Institutionen, Maßnahmen, Techniken oder Vorgehensweisen“ (Westermann, 2000, S. 25). Jene Evaluationen, die die Bewertung von Interventionen zum Ziel haben, werden Programmevaluationen genannt. Die wissenschaftstheoretische Einordnung der Programmevaluation bietet sich nach der Systematik von Herrmann (1979) an. Nach Herrmann werden wissenschaftliche von technologischen Theorien unterschieden. Während wissenschaftliche Theorien ein kohärentes Annahmengefüge über Ursachen und Wirkungen eines Sachverhalts beinhalten (vgl. Bortz & Döring, 1995, S. 99), ist das Ziel technologischer Theorien die Bereitstellung von technologischen Regeln für die praktische Handlung (vgl. Hager, Patry & Brezing, 2000, S. 25). Interventions- und Evaluationsforschung in der Sportwissenschaft ist dem Bereich der technologischen Theorien zuzuordnen. Interventionsforschung benutzt technologische Theorien zur Entwicklung von Maßnahmen, während die Evaluationsforschung diese Maßnahmen bewertet. Technologische Theorien können zwei Aspekte besitzen: einen normativen Aspekt und einen Ursachenaspekt. Normative Programmtheorien gehen von einem optimalen Treatment, einer optimalen Implementation dieses Treatments und einem optimalen Ergebnis aus. Programmtheorien können jedoch auch nach der Ursache der Wirkung eines Programms fragen. Diese sogenannten „Causative-Theorien“ (vgl. Chen, 1995) untersuchen die Wirkung eines Programms auf der Grundlage generalisierbarer Mechanismen.

Das vorgestellte Forschungsprojekt ist normativ. Die Bundestrainer im Tischtennis betonen die Priorität eines Technikleitbildes und einer Sollvorstellung zu Technikübergängen. Normativ im Leistungssport darf jedoch nicht falsch verstanden werden. Individuelle Ausprägungen der Technik sowie auf den einzelnen Sportler angepasste Umsetzungen eines Trainings sind ebenfalls an der Norm orientierte Optimierungen (vgl. BISp-Projekt: Techniktraining im Spitzensport, Roth, 1996). Die Programmevaluation des BISp-Projektes „Techniktraining im Tischtennis“ ist eine gemischt formativ-summative Evaluation über den Zeitraum November 2000 bis Dezember 2001. Die formative Evaluation wird prozessbegleitend durchgeführt, während die summative Evaluation am Ende des Gesamtprojekts stattfindet. Die Funktionen des Evaluators sind sowohl theorie- (vgl. Chen, 1995) als auch praxisorientiert (vgl. Lames, 1999), da sowohl Entwicklungen hinsichtlich des Leitbildes unterstützt, als auch konkrete Hilfen für das Training gegeben werden.

Der theoriebasierte Anspruch leitet sich aus der Ursprungsidee des Projektes ab. Die Bundestrainer wollten den unterschiedlichen Technikwechseltechniken eine wissenschaftliche Fundierung verschaffen, die möglichst genaue Aussagen darüber geben soll, wie eine normative Technikwechseltechnik aussieht. Dies führt zu einer Programmtheorie, die normative Aussagen zum Treatment, zur Implementierung und zum Erfolg tätigt (vgl. Chen, 1995, S. 53). Die Praxisorientierung liegt in der Natur des Projektes, die der Forschungsstrategie „Mit der Praxis für die Praxis“ folgt (vgl. Raab & Bert, in Vorbereitung). Die Funktionen der Evaluatoren basieren auf dem Konzept eines allgemeinen Handlungsmodells von Wottawa und Thierau (1990, S. 41), das für die Anwendung modifiziert wurde.

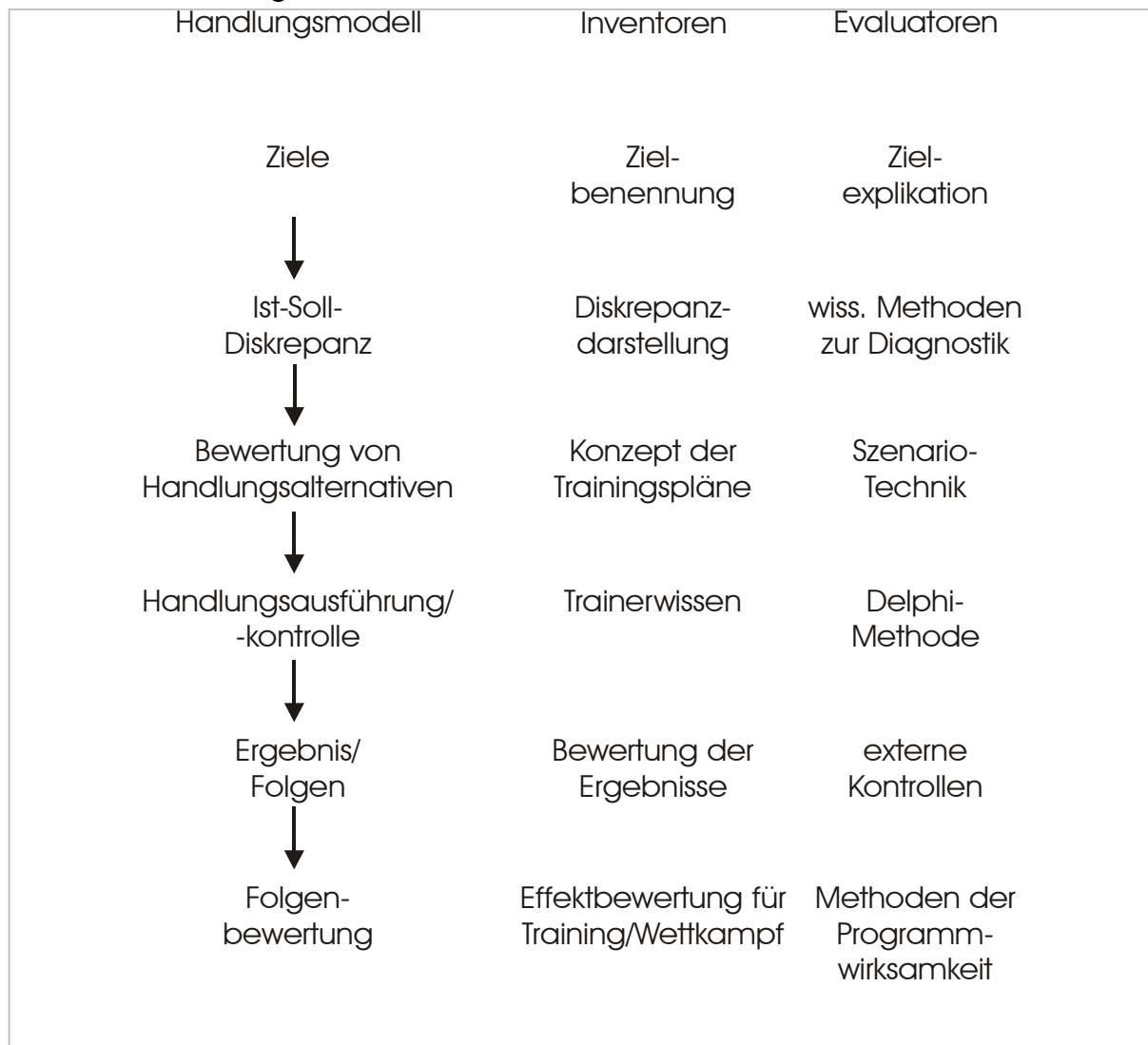


Abbildung 44: Funktionen der Inventoren und Evaluatoren

Die Funktionen von Evaluatoren und Inventoren unterscheiden sich vor allem dadurch, dass die Evaluatoren beraten, unterstützen und entsprechende Methoden anbieten, die einzelnen Phasen des Projektes zu begleiten, während die Inventoren unter Erfolgszwang stehen und letztlich die Entscheidungsgewalt, aber auch das Risiko der persönlichen Konsequenzen bei Nichterfüllung gesteckter Ziele haben. Konkret heißt dies für die Evaluatoren, dass verschiedene Methoden vorgestellt werden müssen, um den Inventoren die Möglichkeiten aufzuzeigen, bevor konkrete Beratungsschritte unternommen werden können.

Vor der Beschreibung der eigentlichen Evaluation wurde in Anlehnung an die Evaluationsstandards der amerikanischen Programmevaluation (vgl. Sanders, 1994) und der American Evaluation Association (vgl. Koch & Wittmann, 1990, S. 311 f.) eine Evaluationscheckliste auf die sportwissenschaftliche Interventions- und Evaluationsstudie angepasst und geprüft.

Tabelle 20: Evaluationscheckliste: U = (Utility) steht für Nützlichkeitskriterien, F = (Feasibility) für Durchführbarkeit, P = (Propriety) für Richtigkeit des Handelns, A = (Accuracy) für Genauigkeit des Handelns (übersetzt und modifiziert nach Sanders, 1994, S. 18 f.)

Standard-Nr. und Beschreibung	TTLT-Projekt
Nützlichkeit (U)	
U1: Evaluationsteilnehmer und potentielle Nutzer	Nützlichkeit für DTTB, wenn in Lehrplan integriert und Verbesserung aller Spieler des DTTB
U2: Kompetenz der Inventoren und Evaluatoren	Nachweis durch Bundestrainer und psychologisch ausgebildete Evaluatoren
U3: Informationsauswahl	Konzept der Informationsauswahl: „Mit der Praxis für die Praxis“
U4: Identifikation von Werten (Perspektiven, Prozeduren, Rationale für die Interpretation)	Perspektive, wenn Programmevaluation für weitere Leistungsniveaus möglich, Prozeduren, wenn programmatisch für Phasenplanungen im Techniktraining
U5: Klarheit des Evaluationsberichts	Für Trainer und BISp verschiedene Versionen
U6: zeitige Berichtsverteilung	Mündliche Version auf der Moderatorensitzung
U7: Evaluationsimpact	Ist hoch, da direkte Auswirkung auf das Techniktraining
Durchführbarkeit (F)	
F1: Praktische Prozeduren	TTLT-Diagnostik ist aufwendig, aber neuartig, Video- und Balleimertraining sind Standardmethoden
Standard-Nr. und Beschreibung	TTLT-Projekt
F2: Politische Antizipation von Interessen	Antizipation möglicher typischer Trainer-Trainer oder Verbands- vs. Trainerinteressen, jedoch keine auf Evaluatorensseite
F3: Kosten-Nutzen Relation	Hohe Kosten, da Explorationsstudie, langfristig, gute Kosten-Nutzen-Relation, wenn Diagnostik und Programmintervention etabliert sind
Richtigkeit des Handelns (P)	
P1: Dienstorientierung	Evaluatoren stehen im Dienst der Inventoren und sind personell getrennt
P2: Formale Vereinbarung	Nur zwischen BISp und ISSW und im Sinne eines Kooperationsvertrages zwischen dem DTTB, BLZ und dem ISSW
P3: Berücksichtigung der Rechte der Versuchsteilnehmer	Freiwillig und im Rahmen des Trainings, fast ohne Zusatzbelastungen
P4: Respekt im Umgang mit Evaluationspartnern	Angemessen im Rahmen der sozialen Regeln des Leistungssports
P5: Komplette und faire Ausführung der Evaluation	Komplette Evaluation unter Zeitdruck und Praxisinteresse der Inventoren reduziert, aber fair
P6: Veröffentlichung aller Projektergebnisse	Sowohl für praxisorientierte als auch für die theoriebasierte Evaluation mit Dissimulationsplan
P7: Behandlung von Interessenkonflikten	Moderatorengespräch für jede Evaluationsphase
P8: Finanzielle Verantwortung	Wird im Rahmen des BISp und des ISSW getragen
Genauigkeit des Handelns (A)	
A1: Programmdokumentation	Wird durch Berichterstattung gegenüber dem BISp und den geplanten Praxis-Veröffentlichungen gewährleistet
A2: Kontextanalyse	Integration der Heimtrainer geplant, jedoch keine Einbeziehung von Eltern, Freunden, Schule etc.
A3: Beschreibung der Absichten und Prozeduren	Realisierung durch die Checklisten des AEA-Standards und Moderatorengespräche
A4: Justitable Informationsquellen	Standards wissenschaftlichen Arbeitens und dem Ansatz des „Best-practice Modells“
A5: Validität von Informationen	Gütekriterien für Diagnostik und Intervention
A6: Reliabilität von Informationen	Gütekriterien für Diagnostik und Intervention
A7: Systematische Informationen	Quasi-experimentelles Design erlaubt Zugriff auf unabhängige und abhängige Variablen
A8: Analyse quantitativer Informationen	Hypothesengeleitete statistische Analyse mit Einzelfallbetrachtung für konkrete Rückmeldungen
A9: Analyse qualitativer Informationen	Hypothesengeleitete statistische Analyse mit Einzelfallbetrachtung für konkrete Rückmeldungen
Standard-Nr. und Beschreibung	TTLT-Projekt
A10: Gerechtfertigte Zusammenfassung	Kommunikative Validierung des Protokolls des Moderatorengesprächs
A11: Unparteiische Berichterstattung	Kommunikative Validierung des Protokolls des Moderatorengesprächs
A12: Metaevaluation	Kurzmetaevaluation

Wie die Tabelle zeigt, ist aus Sicht des organisierten Leistungssports vor allem der Kosten-Nutzen-Aspekt von Bedeutung. Ob dieser Standard erfüllt wird, ist wiederum zu evaluieren. Für dieses Projekt wurde deshalb den Inventoren und Evaluatoren eine Projektskizze ausgehändigt, mit der Bitte, in einer Tabelle anzugeben, ob sie den Standard erfüllt sehen oder nicht. Tabelle 21 dokumentiert in Mittelwerten das Ergebnis.

Tabelle 21: Evaluationscheckliste: Ergebnisse der Checkliste durch X dargestellt. Wenn Meinung von einem Evaluator X (E) und einem Inventor X (I) differiert, wird dies angezeigt

Standard-Nr. und Beschreibung	Standard erfüllt	teilweise erfüllt	nicht erfüllt	nicht anwendbar
Nützlichkeit (U)				
U1: Evaluationsteilnehmer und potentielle Nutzer	X			
U2: Kompetenz der Evaluatoren und Inventoren	X			
U3: Informationsauswahl	X			
U4: Identifikation von Werten (Perspektiven, Prozeduren, Rationale für die Interpretation)	X			
U5: Klarheit des Evaluationsberichts		X(E)		X(I)
U6: zeitige Berichtsverteilung			X(E)	X(I)
U7: Evaluationsimpact	X(I)	X(E)		
Durchführbarkeit (F)				
F1: Praktische Prozeduren	X			
F2: Politische Antizipation von Interessen		X		
F3: Kosten-Nutzen Relation	X(I)	X(E)		
Richtigkeit des Handelns (P)				
P1: Dienstorientierung	X			
P2: Formale Vereinbarung	X			
P3: Berücksichtigung der Rechte der Versuchsteilnehmer	X(I)	X(E)		
P4: Respekt im Umgang mit Evaluationspartnern	X			
P5: Komplette und faire Ausführung der Evaluation	X(I)	X(E)		
P6: Veröffentlichung aller Projektergebnisse	X(E)		X (I)	
P7: Behandlung von Interessenkonflikten				X
P8: Finanzielle Verantwortung	X			
Genauigkeit des Handelns (A)				
A1: Programmdokumentation	X			
A2: Kontextanalyse		X		
A3: Beschreibung der Absichten und Prozeduren	X			
A4: Justitiable Informationsquellen	X(E)	X(I)		
A5: Validität von Informationen	X			
A6: Reliabilität von Informationen	X			
A7: Systematische Informationen	X			
A8: Analyse quantitativer Informationen	X			
A9: Analyse qualitativer Informationen	X			
A10: Gerechtfertigte Zusammenfassung		X(E)	X(I)	
A11: Unparteiische Berichterstattung		X(E)	X(I)	
A12: Metaevaluation		X(E)	X(I)	

Zusammengefasst kann davon ausgegangen werden, dass die Standards im Rahmen des Projektes erfüllt werden. Die Antworten in der Spalte „nicht erfüllt“ betreffen die Abteilung Informationsverteilung. Hier lassen sich auch kaum Verbesserungen erzielen, da die Anlage des Projektes keine sofortige Rückmeldung zulässt. Die Gespräche zwischen Inventoren und Evaluatoren zeigen zudem, dass die Art der wissenschaftlichen Dokumentation für viele Inventoren nicht genügend transparent ist.

4.2 Rahmenkonzeption zur Programmevaluation von Interventionsprogrammen

Das spezifische Modell, das zur Evaluation der Interventionskonzeption benutzt wird, resultiert aus der Programminitiierung. Wie in Kapitel 1 ausgeführt, existierten unterschiedliche Auffassungen darüber, was die optimale Technikwechseltechnik ausmacht. Daraus ergaben sich zwei unterscheidbare Auffassungen. Das „Advocacy-adversary“-Evaluationsmodell (vgl. Wolf, 1975, zit. n. Herman, Morris & Fitz-Gibbon, 1987, S. 10) sieht den Ursprung der Programmevaluation in der Argumentation zweier unterschiedlicher Auffassungen über eine Intervention. Dementsprechend steht am Anfang der Evaluation die Sammlung der Argumente für oder gegen die eine oder andere Technik des Technikwechsels (vgl. Kapitel 1.2). Erst auf der Grundlage dieser Argumentationen können vernünftige Arbeitsschritte zur Evaluation der Intervention entwickelt werden (vgl. Freemann, Rossi & Sandefur, 1993). Das für dieses Projekt benutzte Rahmenkonzept von Mittag und Hager (2000) umfasst fünf Schritte: erstens die Evaluation der Programmkonzeption, zweitens die formative Evaluation, drittens die Evaluation der Programmdurchführung, viertens die Evaluation der Programmwirksamkeit und fünftens die Evaluation der Programmeffizienz (vgl. Abbildung 45).

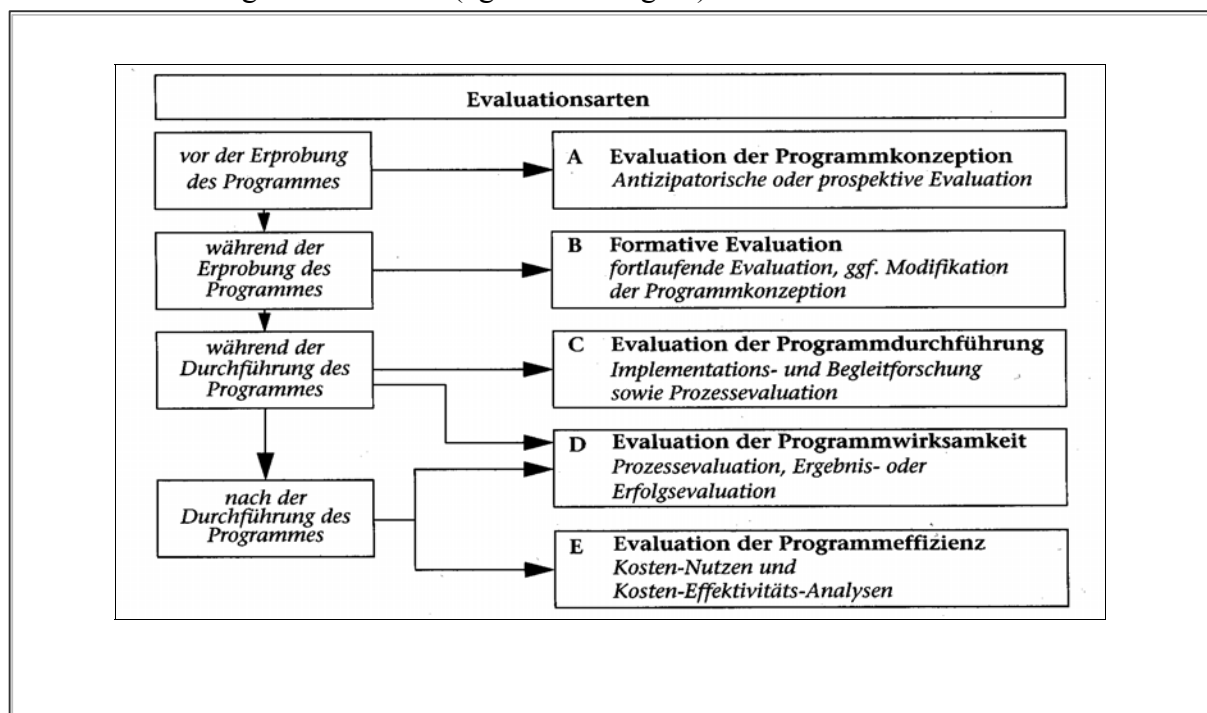


Abbildung 45: Rahmenkonzept zur Evaluation von Interventionsprogrammen (nach Mittag & Hager, 2000, S. 108)

Die ersten drei Schritte des Rahmenkonzepts werden in der Phase II dargestellt. Ein Schwerpunkt wird auf die formative Evaluation gelegt (vgl. Herman, Morris & Fitz-Gibbon, 1987), da er entscheidend für die Konzeption des Technikwechseltrainings ist, dem Herzstück der prozessbegleitenden Trainings- und Wettkampfforschung in der Phase III.

4.3 Evaluation der Programmkonzeption

Jeweils zwei Trainern, Spielern, Selbstevaluatoren und Fremdevaluatoren wurden 63 Fragen zur formativen Evaluation und acht Fragen zur Metaevaluation vorgelegt (vgl. Anhang I). Für die Fremdevaluation konnten DIRK SCHIMMELPFENNIG (amtierender Bundestrainer Männer im Tischtennis) und RENÉ STORK (Geschäftsführer des DTTB und A-Trainer Prüfer) gewonnen werden, denen in einer zweistündigen Sitzung neben schriftlichen Informationen das Projekt

vorgetragen wurde. Die beiden Spieler wurden beim Ausfüllen der Fragebogen durch eine Hilfskraft unterstützt, die keine Kenntnis über die Ziele des Projektes besaß. Die Evaluation der Programmkonzeption umfasste die Arbeitsschritte der Problembestimmung und Entscheidung über die Bereiche der Intervention, der Zielbestimmung, der Konzeption und Gestaltung des Programms, der Auswahl geeigneter diagnostischer Methoden und Verfahren sowie der Bewertung der Programmkonzeption (vgl. Mittag & Hager, 2000, S. 110). Die einzelnen Bereiche wurden im Interventionskapitel ausführlich dargestellt (vgl. Kapitel 3).

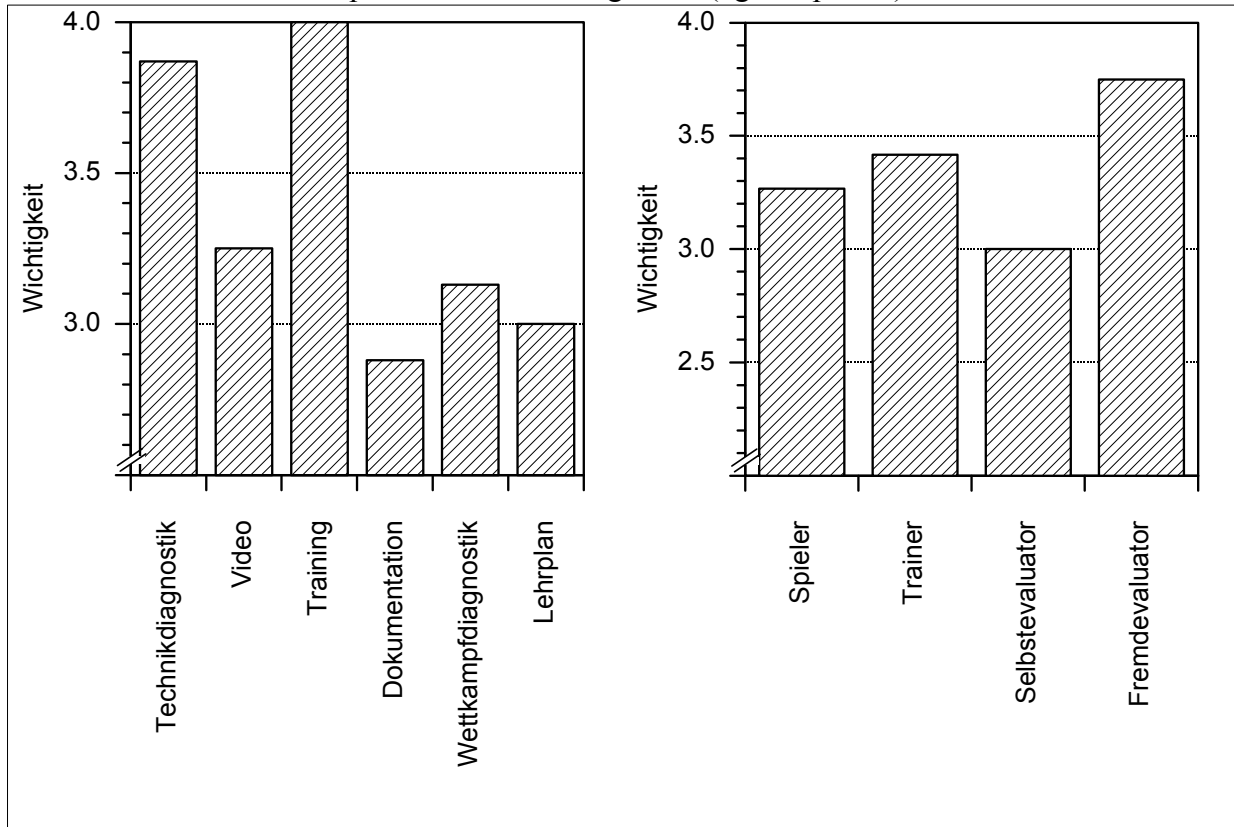


Abbildung 46: Zielsetzung als Mittelwerte über alle Evaluationsteilnehmer (links) und getrennt nach Inventoren (Spieler, Trainer) und Evaluatoren (Selbst- und Fremdevaluatoren)

Abbildung 46 zeigt die Bewertung der Zielsetzung. Die Evaluation der Zielsetzung des Projektes bestätigt die zentralen Anteile der Diagnostik und der Intervention im Training. Dies entspricht auch ganz dem Wunsch der Trainer und Spieler, direkt von den Ergebnissen des Projektes zu profitieren. Dementsprechend sind Lehrplanerweiterungen und Dokumentation weniger wichtig. Ein interessanter Aspekt findet sich in der Analyse der einzelnen Evaluationsteilnehmer. Auf der Likert-Skala von 1 bis 4 war allen Inventoren (Spieler, Trainer) und allen Evaluatoren (Selbst- und Fremdevaluatoren) die Wichtigkeit des Gesamtprojektes (Mittelwert aus allen Anteilen aus der Abbildung 46) drei oder mehr Punkte wert. Besonders bemerkenswert ist die hohe Akzeptanz beim DTTB und dem Männerbundestrainer, die nicht beeinflusst sind durch mögliche Überschätzungen der eigenen Projektarbeit.

4.3.1 Problembestimmung und Entscheidung über den Bereich der Intervention

Die Problembestimmung und Entscheidung über den Bereich der Evaluation wurden durch die Bundestrainer im Tischtennis und den DTTB festgelegt und bedürfen keiner weiteren Erläuterung (vgl. Kapitel 1.1).

4.3.2 Zielbestimmung

Die Zielbestimmung bestand aus der klaren Trennung und Dichotomisierung der Argumentationen für eine Neutralstellung beziehungsweise für eine direkte Übergangstechnik (vgl. Kapitel 2.1). Die Überführung allgemeiner Zielvorstellungen in Operationsziele durch die Unterteilung in Technikwechseldiagnostik, Training und Wettkampfdiagnostik kann als gewährleistet angesehen werden. Weitere Ziele, die die Erweiterung des Projektes beziehungsweise die Integration der Forschungsergebnisse in die Aus- und Fortbildung sowie den Lehrplan betrafen, wurden mit dem DTTB vereinbart. Die Zielgruppe (vgl. Kapitel 2.3) und die tatsächlichen Kontroll- und Treatmentgruppen wurde in Gesprächen zwischen Evaluatoren und Inventoren festgelegt. Besonders großer Wert wurde auf die Akzeptanz möglicher Veränderungen gelegt, die durch die Ergebnisse des Forschungsprogramms empfohlen wurden. Dies beinhaltete auch die Akzeptanz des Scheiterns oder der Akzeptanz von Fakten, die entgegen der Auffassung der Bundestrainer dokumentiert wurden. Dies wurde durch die Szenario-Technik (vgl. Reibnitz, 1983) realisiert. Die Szenario-Technik ist eine systematische Methode zur Beschreibung möglicher zukünftiger Situationen. Auf der Basis einer quantitativen und qualitativen Situationsanalyse der zwei Auffassungen von Technikwechseltechniken wurden Annahmen über mögliche Haupteffekte (Technik A ist besser, Technik B ist besser, Effektivitäten von Technik A und B hängen von weiteren Bedingungsfaktoren x , y ab) formuliert. Diese Zukunftsbilder (Szenarien) wurden benutzt, um mögliche Konsequenzen aus diesen Ergebnissen zu formulieren. Die Szenario-Technik wurde von den Evaluatoren eingesetzt und in einem Gespräch am Anfang des Projektes mit den Inventoren durchgespielt. Das Ergebnis war, dass zwar eine Technik der anderen überlegen sein kann, eine einheitliche Reaktion auf das Ergebnis, wenn mal die eine, mal die andere Technik überlegen sein sollte, jedoch nicht festgelegt werden konnte.

4.3.3 Konzeption und Gestaltung des Programms

Art und Inhalt des Programms wurden durch die gemeinsamen Sitzungen am Anfang des Projektes festgelegt und sind feste Rahmengrößen. Die Vermittlungsmethoden waren aufgrund des vielfältigen Praxiswissens der Bundestrainer sehr situationsspezifisch einzusetzen. Die Diskussion ergab aber durchaus Erweiterungen der Rückmeldung durch das Video und die Dokumentation des Trainings durch die Tagebücher. Besonders viel Wert bei der Gestaltung des Programms wurde auf die Unabhängigkeit der Inventoren und Evaluatoren gelegt, damit die Ergebnisse nicht Gefahr laufen, einseitig interpretiert zu werden. Deshalb wurde neben einer Selbstevaluation auch eine Fremdevaluation angestrebt.

4.3.4 Auswahl geeigneter diagnostischer Methoden und Verfahren

Die Auswahl geeigneter diagnostischer Methoden und Verfahren erfordert eine Definition von Zielindikatoren und Kriterien. Für den Technikwechsel sind die genauen biomechanischen Rahmenbedingungen nur unzureichend entwickelt (vgl. Barchukova & Voronov, 1998; DTTB-Lehrplan, 2001, S. 16). Jedoch wurde schnell Einigung darüber erzielt, dass die Bewegungs- und Trefferanalyse geeignete Maße in einem TTL-Test sind (vgl. Kapitel 2.2.2). Abbildung 47 zeigt die Wichtigkeit einzelner Maße und Zielindikatoren im TTLT.

Die Diagnostik der Tischtennisstechniken sowie der Technikwechsel zeigt für die Analyse der Bewegung im Mittel gute bis sehr gute Werte. Neben der Geschwindigkeitsmanipulation halten die Evaluationsteilnehmer besonders die Art der gespielten Technik vor der Analyse der Bewegungsbahn für wichtig. Dies entspricht den Trainerbefragungen, über die in der inhaltlichen Voruntersuchung berichtet wurde (vgl. Kapitel 1.2), und den Hauptfaktoren des Designs für die Analyse der Technikwechsel. Im Vergleich ist die Treffgenauigkeit von geringer Bedeutung. Der Wert liegt zwischen wichtig und weniger wichtig. Besonders beeindruckend sind die Urteile der Inventoren und Evaluatoren, die im Mittel für die Bewegungsanalyse gute bis sehr gute Werte vergeben. Der niedrigste Wert durch die Selbstevaluatoren drückt keine Überschätzung der eigenen Arbeit aus und ist deshalb als positiv zu bewerten. Interessant insbesondere für die Spieler und Trainer sind differenzierte Analysen über Anzahl, Streuung und geschwindigkeitsspezifische Trefferanzahlen. Das Evaluationsergebnis wird für die Rückmeldung in der dritten Phase des Projektes festgehalten.

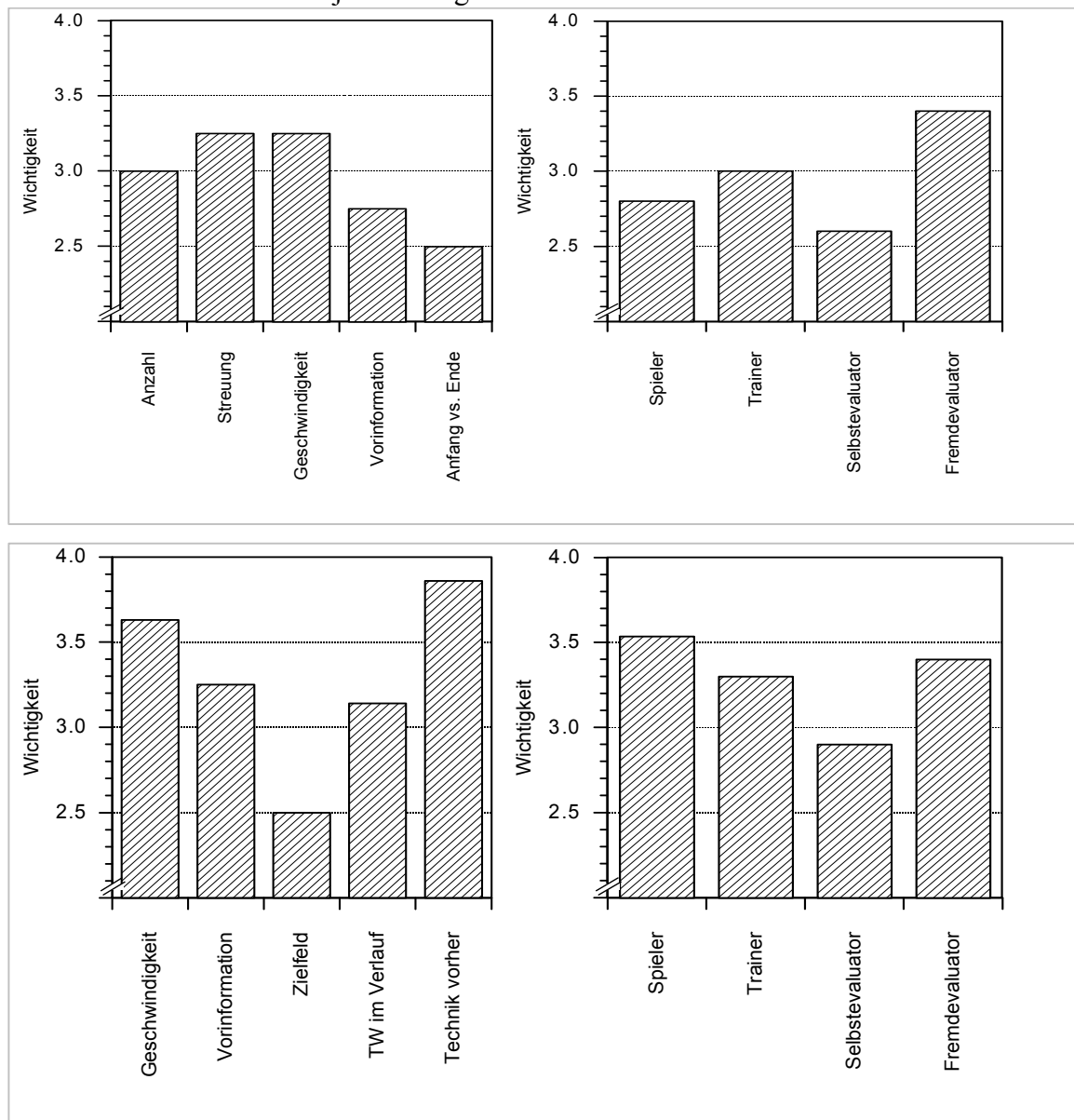


Abbildung 47: Diagnostik der Bewegung (oben) und der Trefferleistung (unten) als Mittelwerte über alle Evaluationsteilnehmer (links) und getrennt nach Inventoren (Spieler, Trainer) und Evaluatoren (Selbst- und Fremdevaluatoren). TW = Technikwechsel

Etwas schwieriger war das Auswahlkriterium für die spezifische Zielgruppe, da das mögliche Lernpotential eingeschätzt werden musste (vgl. Diekmann, 1995). Zudem forderten die Evaluatoren, dass die Auswahl der Teilnehmer am Projekt und der vergleichbaren Kontrollgruppe zufällig geschehen müsse, während die Inventoren sämtliche Spieler integrieren beziehungsweise die Auswahl für die Partizipation selbst treffen wollten.

4.3.5 Bewertung der Programmkonzeption

Mittag und Hager (2000) fordern, dass die Programmkonzeption im Hinblick auf ihre theoretisch-wissenschaftliche Fundierung bewertet wird. Das ist aufgrund der Zielsetzung des Projektes schwer umzusetzen, da der Ursprung des Projektes ein Praxisproblem ist. Trotzdem werden die Prinzipien wissenschaftlichen Arbeitens gewahrt. Eine weitere Forderung besteht darin, dass die Tragfähigkeit und Bewährtheit des zugrundeliegenden Wirkmodells expliziert werden muss. Dies ist in den subjektiven Anforderungsprofile aus der Fragebogenstudie in der inhaltlichen Voruntersuchung (vgl. Kapitel 1.2) realisiert worden. Zudem wurden in der Intervention überprüfbare inhaltliche Hypothesen formuliert.

5. Formative Evaluation

5.1 Durchführung der formativen Evaluation

Die formative Evaluation fand in jeder Trainingswoche statt und war nicht entsprechend formalisiert. Da die Technikwechseldiagnostik und das Training in einem Gebäudekomplex der Neuen Universität Heidelberg (Im Neuenheimer Feld) stattfanden, war ein ständiger Austausch zwischen Evaluatoren und Inventoren gegeben. Dieser wurde besonders durch die Beobachtung im Training intensiviert und führte zu einer Reihe von direkten Verbesserungen bei der Diagnostik und beim Verständnis der Trainingsinhalte bei den Evaluatoren. Um ein Gesamtbild der Diagnostik und der Intervention zu erhalten, wurden nach der ersten Phase zur Verbesserung der Grundtechniken Evaluationsfragebogen an einige Projektteilnehmer verteilt (vgl. Anhang I). Auf einer gemeinsamen Sitzung übernahm der Moderator (RAAB) die Aufgabe, die Ergebnisse der Inventoren sowie internen und externen Evaluatoren zu präsentieren und die Diskussion über unterschiedliche Evaluationsergebnisse zu strukturieren. Während dieser etwa zweistündigen Sitzung wurde ein Protokoll für die kommunikative Validierung geschrieben.

5.2 Ergebnisse der formativen Evaluation

Die Ergebnisse orientieren sich an den inhaltlichen Bereichen der Tischtennisdiagnostik, der Rückmeldung für das Training, dem Techniktraining in der Halle und der Leistungskontrolle im Wettkampf. Anschließend werden die geplanten Maßnahmen zur Rückmeldung des Trainings der Technikübergänge präsentiert. Aufgrund der geringen Evaluationsteilnehmer pro Gruppe der Eigenevaluatoren, Fremdevaluatoren, Inventoren und Spieler (je zwei) wird auf statistische Gruppenunterschiedseffekte verzichtet. Auch für die Unterschiede in den Bewertungen der einzelnen Untergruppen sind statistische Berechnungen zu vernachlässigen, da die Bewertungen

nur als Orientierung für die Moderatorensitzung relevant sind, auf der Veränderungen hinsichtlich der weiteren Interventionsschritte diskutiert werden.

Zuerst ist die Umsetzung der Zielsetzung (vgl. Abbildung 48) des Projektes zu evaluieren.

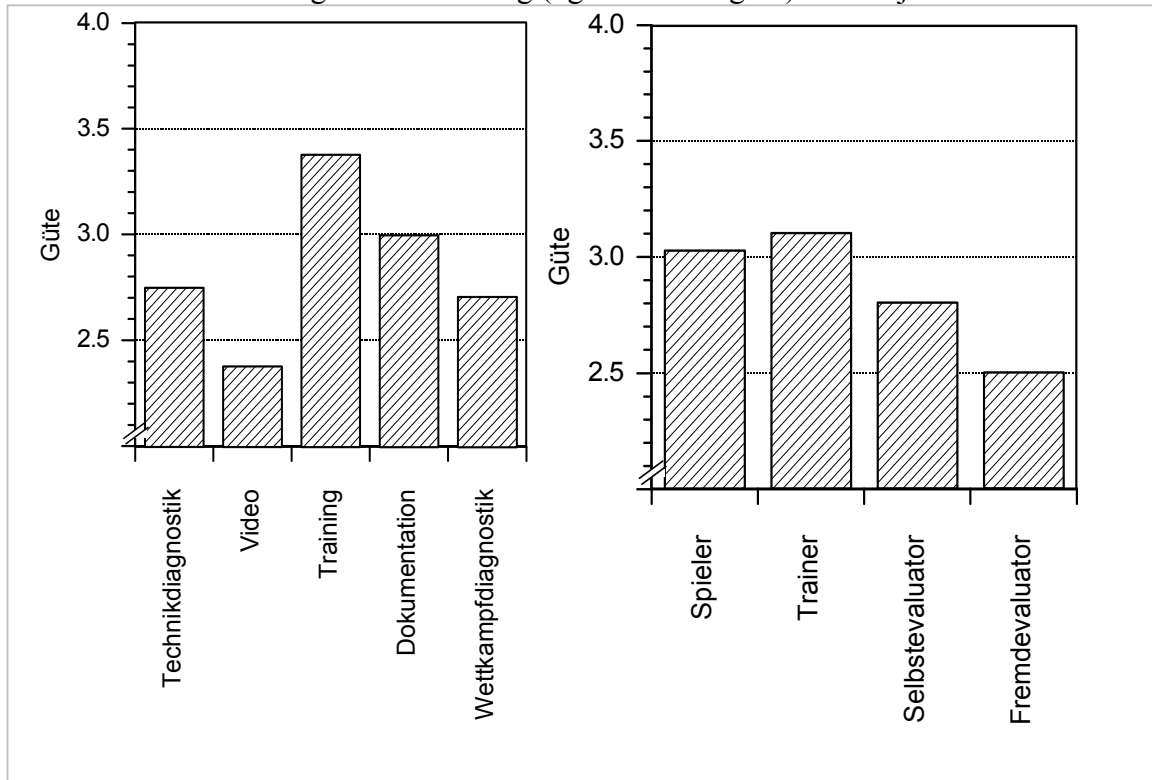


Abbildung 48: Umsetzung der Zielsetzung als Mittelwerte über alle Evaluationsteilnehmer (links) und getrennt nach Inventoren (Spieler, Trainer) und Evaluatoren (Selbst- und Fremdevaluatoren)

Wie in Evaluationen üblich, finden sich selbstkritischere Werte bei der Beurteilung der Umsetzung des Projektes im Vergleich zur Zielsetzung. Alle Werte liegen jedoch über der Mitte der Skala und können für die Bereiche Training und Dokumentation als gut bezeichnet werden. Die Analyse der einzelnen Punkte in der Evaluationssitzung zeigt für das Video hilfreiche Änderungsvorschläge, um die Effektivität zu erhöhen (vgl. Kapitel 3.1). Dies ist besonders wichtig, da alle Evaluationsteilnehmer dem Videotraining den dritthöchsten Stellenwert im Projekt zuerkannt haben (vgl. Abbildung 48). Ein typischer Befund findet sich in der Beurteilung der Umsetzung. Im Mittel bewerten die Evaluatoren die Umsetzung kritischer als die Inventoren, und die Fremdevaluatoren bewerten kritischer als die Selbstevaluatoren. Da sämtliche Ergebnisse jedoch mit nahezu gut bewertet werden, sind an der generellen Vorgehensweise weniger Korrekturen vorzunehmen als am Detail (zum Beispiel Videotraining).

5.2.1 Tischtennisdiagnostik

Die Durchführung der Diagnostik wird für die Dauer, die Instruktionsgabe und für die Behandlung der Inventoren als gut bis sehr gut eingestuft. Besonders die Behandlung der Spieler und Trainer (Kriterium der Evaluationsstandards, vgl. Kapitel 4.1) bestätigt die bereits von den Inventoren und Evaluatoren als „Standard erfüllt“ kategorisierte Umsetzung der Evaluationsstandards (vgl. Abbildung 49).

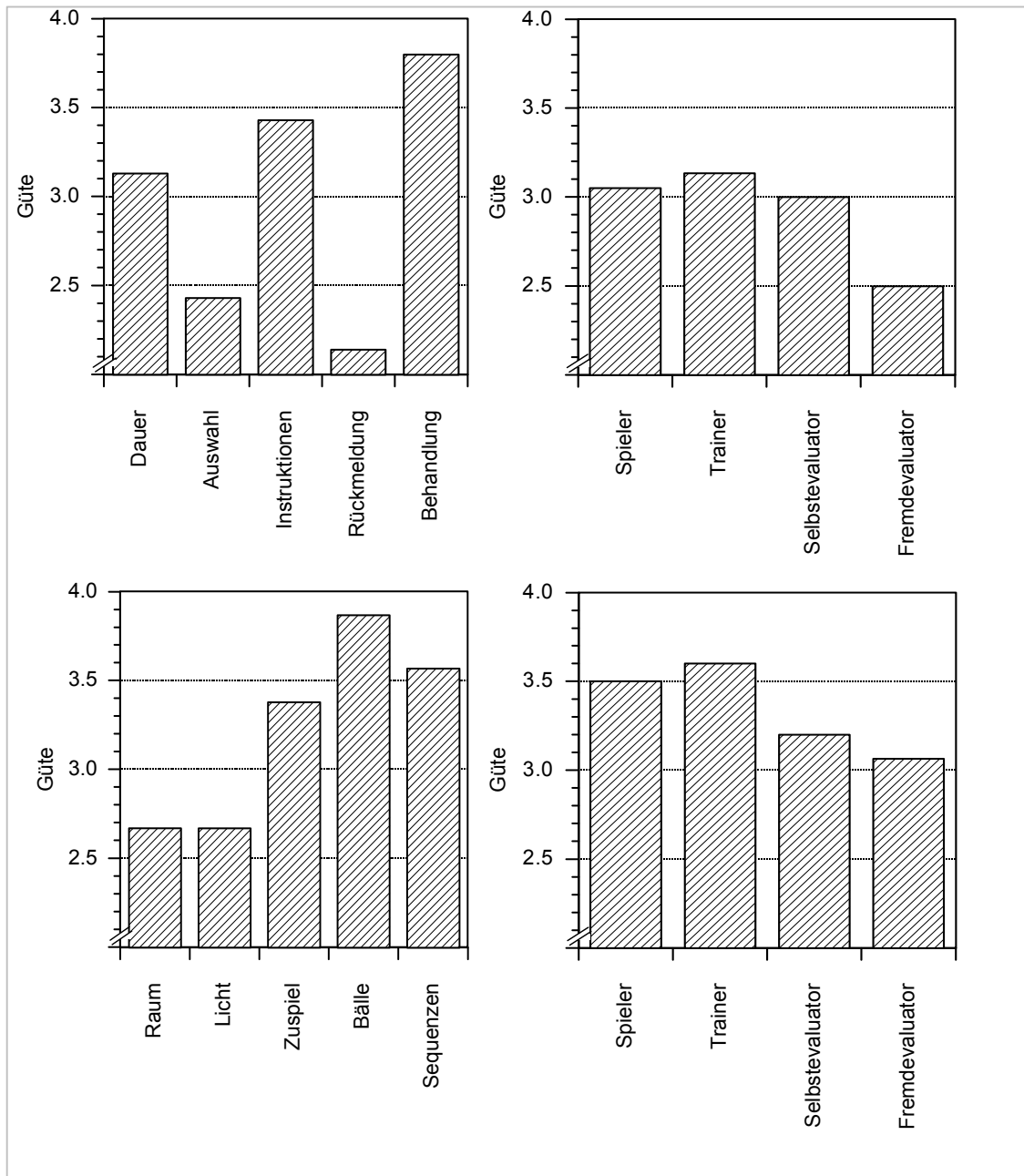


Abbildung 49: TTLT-Bewertung des Aufbaus (oben) und der Durchführung (unten) als Mittelwerte über alle Evaluationsteilnehmer (links) und getrennt nach Inventoren (Spieler, Trainer) und Evaluatoren (Selbst- und Fremdevaluatoren)

Auswahl und Rückmeldung sind zwischen gut und weniger gut bewertet worden; die anderen Bewertungen liegen bei gut bis sehr gut. Bei der Rückmeldung wurde der Abstand zwischen Diagnostik und Rückmeldung kritisiert. Daraus wurde die Konsequenz gezogen, dass direkte Rückmeldungen über Treffer und ausgewählte Parameter in der dritten Phase des Projektes innerhalb einer Woche erfolgen sollten, während die Gestaltung des Videos und der Bewegungsanalysen durch die Verkürzung der Sequenzanalysen schneller realisiert werden kann. Die Auswahl der Spieler wurde insbesondere von den Fremdevaluatoren (vgl. Abbildung 51, rechts oben) kritisiert, da der Bundestrainer gerne mit älteren Spielern Daten zum Technikwechsel gesammelt hätte. Dieser Wunsch wurde für mögliche Erweiterungen des Projektes aufgenommen.

Für den Aufbau des TTLT gab es einheitlich gute bis sehr gute Bewertungen. Lediglich die Raum- und Lichtverhältnisse, die aufgrund der Videoanalysen für die Kameras optimiert werden mussten, entsprechen nicht den üblichen Verhältnissen und lassen sich im Labor auch nur geringfügig verändern. Unterschiede zwischen den Evaluationsgruppen sind gering und bedürfen keiner weiteren Diskussion.

5.2.2 Rückmeldung für das Training

Abbildung 50 zeigt die Ergebnisse insgesamt sowie zur Evaluation der Rückmeldung für das Training für die einzelnen Inventoren und Evaluatoren getrennt. Die Bewertung des Videotrainings wurde in die Bewertung der Videorückmeldung und in die Bewertung der Gestaltung des Videos unterteilt.

Die Rückmeldung der Bewegungsanalyse erfolgte über individuell zugeschnittene Videobänder (vgl. Kapitel 3.1). Die Dauer (10 Minuten) und die Erstellungen eines Videos für die einzelnen Spieler wurde als gut bewertet. Zwischen gut und weniger gut wurden der Vorspann, die Musik sowie die Art der Ist- und Soll-Wert-Präsentation bewertet. Das Moderatorenengespräch ergab, dass vor allem die Trainer und die Fremdevaluatoren (vgl. Abbildung 50, rechts oben) die Sydney-Olympia-Musik im Vergleich zur DTTB-Musik „Magic-Ball“ weniger motivierend fanden. Auch der Vorspann wurde als zu lang bewertet, und die Ist- und Soll-Wert-Vorgaben sollten dem neuen DTTB-Video angepasst werden. Die Kritikpunkte wurden aufgenommen und im Protokoll festgehalten. Das Videotraining selbst (vgl. Abbildung 50, untere Reihe) wurde als gut bis sehr gut eingestuft. Besonders der Vergleich der dargebotenen Ist- und Soll-Werte, der Umfang und das Videotraining mit den Trainern zur verbalen Aufmerksamkeitslenkung auf Fehlerbilder in den präsentierten Videosequenzen wurde als sehr positiv bewertet. Das eigenständige Videotraining durch die Athleten wurde jedoch unterschiedlich gut angenommen. Besonders die Trainer legten Wert auf die Kontrolle der Videoanalysen und verlagerten selbstständiges Videotraining in einen älteren Jahrgangsbereich. Überzeugend war die Bewertung der Fremdevaluatoren, die über dem Mittel der Evaluationsteilnehmer lagen. Insgesamt kann das Videotraining als gelungen bezeichnet werden. Die diskutierten Änderungen werden die Gestaltung des Videos für die Intervention zum Technikwechsel verbessern.

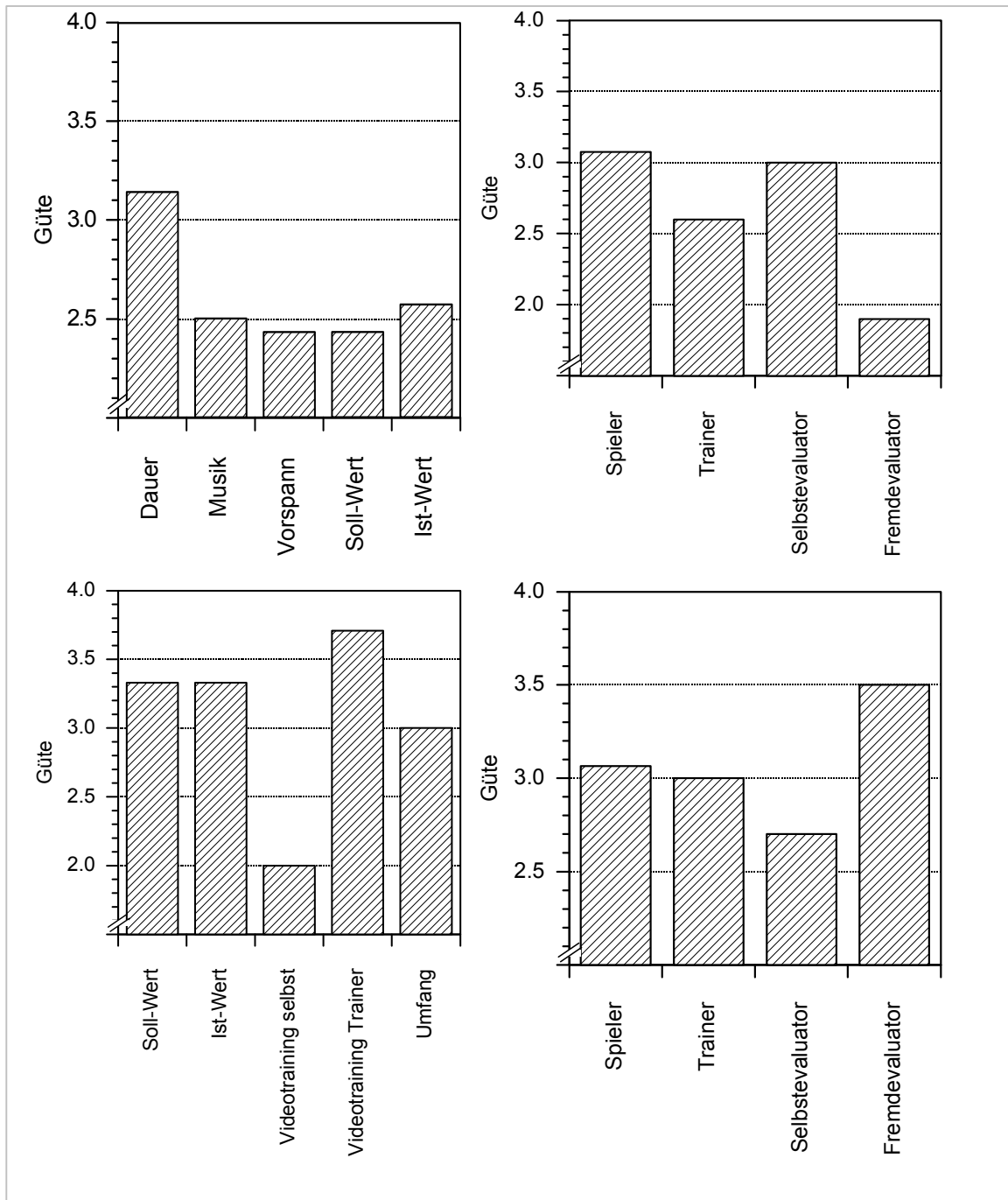


Abbildung 50: Bewertung der Videorückmeldung (oben) und der Gestaltung des Videotrainings (unten) als Mittelwerte über alle Evaluationsteilnehmer (links) und getrennt nach Inventoren (Spieler, Trainer) und Evaluatoren (Selbst- und Fremdevaluatoren)

5.2.3 Techniktraining in der Halle

Abbildung 51 zeigt die Ergebnisse insgesamt sowie getrennt für die einzelnen Inventoren und Evaluatoren für die Bewertung des Techniktrainings und der verwendeten Übungen.

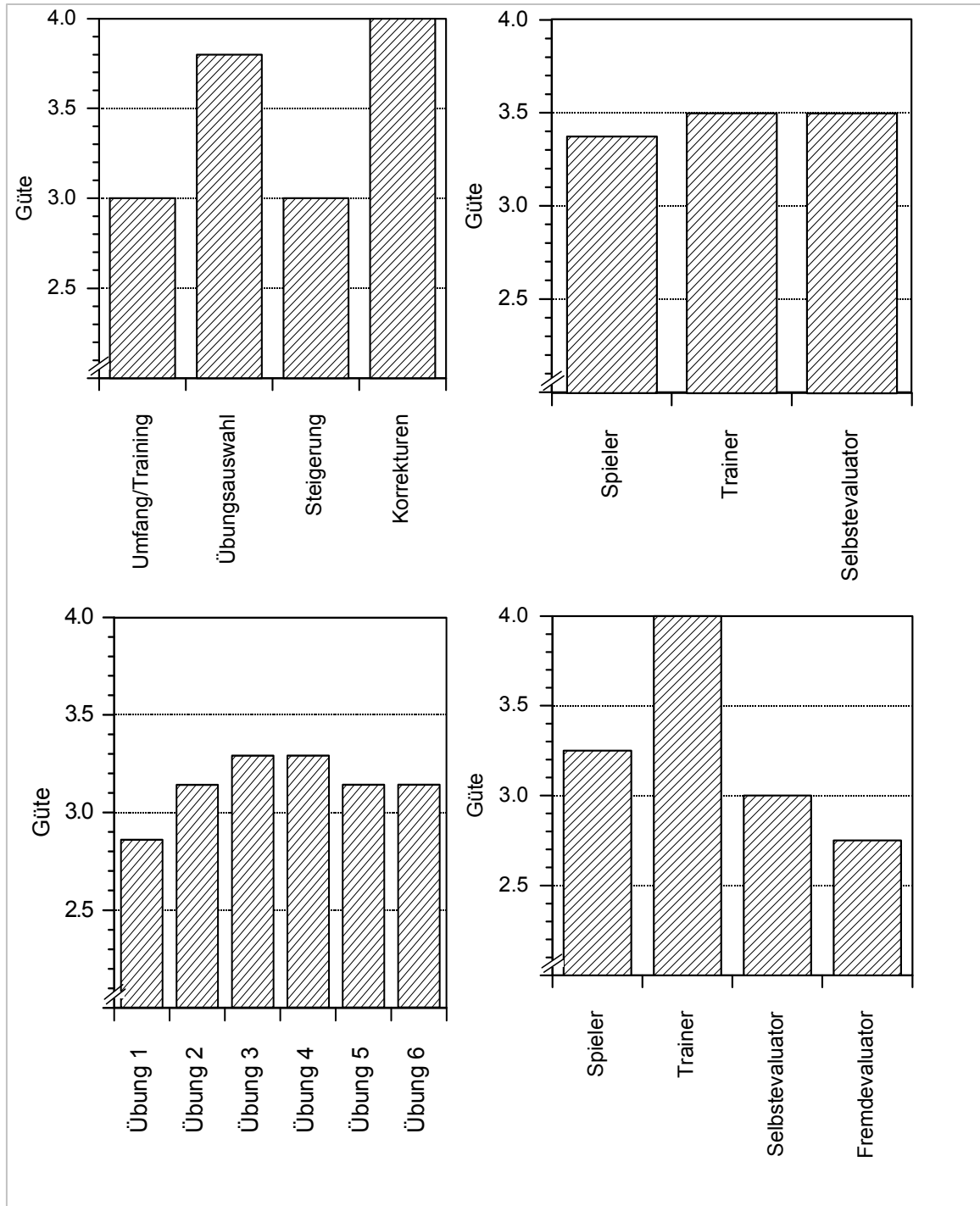


Abbildung 51: Bewertung des Techniktrainings (oben) und der verwendeten Übungen (unten) als Mittelwerte über alle Evaluationsteilnehmer (links) und getrennt nach Inventoren (Spieler, Trainer) und Evaluatoren (Selbst- und Fremdevaluatoren)

Die Evaluierung des Techniktrainings erscheint auf den ersten Blick etwas ungewöhnlich. Schließlich müssen die Trainer das bewerten, von dem sie überzeugt sind. Zudem müssen der DTTB und zum Teil konkurrierende Bundestrainer das Training ihrer Kollegen beurteilen. Deshalb wurden die Fremdevaluatoren gebeten, diesen Bereich nicht zu bewerten (vgl. Abbildung 51, rechts oben). Erwartungsgemäß gibt es in den Beurteilungen nur gute und sehr gute Werte. Die Ergebnisse unterschieden sich auch nur geringfügig zwischen den Evaluationsgruppen. Die

Spieler fanden die Details des Trainings (Umfang, Übungsauswahl, Steigerung und Korrekturen) annähernd so gut wie ihre Trainer. Die Beurteilung spezifischer Übungen, die mögliche Verbesserungen ergeben könnten, ergab kaum nennbare Ergebnisse. Insgesamt wurden alle Übungen als gut bewertet. Die Bewertungen streuten um maximal einen halben Punkt auf der Skala. Die einzelnen Übungen wurden erwartungsgemäß von den Trainern, die sie anwenden, als sehr gut beurteilt. Die deutliche Differenz zu den Fremdevaluatoren konnte aufgrund des Moderationsgesprächs geklärt werden. Der Männer-Bundestrainer unterscheidet sich in der Trainerphilosophie von den Inventoren darin, dass er von Anfang an variabler trainiert und damit Technikwechselübungen schon früher in den Ablauf des Trainings integriert. Es wurde festgehalten, dass solche Effekte in weiteren Projekten getestet aber nicht im beantragten Projekt geklärt werden können und deshalb den individuellen Neigungen der verschiedenen Trainer zugeordnet werden müssen.

5.2.4 Trainingsdokumentation

Abbildung 52 zeigt die Ergebnisse insgesamt sowie getrennt für die einzelnen Inventoren und Evaluatoren für die Trainingsdokumentation. Die Bewertung der Trainingsdokumentation wurde separat nach Videotraining und Hallentraining vorgenommen.

Die systematische Trainingsdokumentation wird viel zu selten eingesetzt. Um unter quasi-experimentellen Bedingungen zumindest teilweise eine Störvarianz zu erfassen, wurde eine tägliche Trainingsdokumentation durch die Spieler verlangt, sowohl für das Videotraining (vgl. Abbildung 52, obere Reihe) als auch das Hallentraining (vgl. Abbildung 52, untere Reihe). Die Benutzung von individuellen Trainingstagebüchern, die Gestaltung und die Strukturierung der Inhalte wurden überwiegend als gut oder sehr gut eingestuft. Besonders die Spieler haben das Angebot sehr gut angenommen (vgl. Abbildung 52, rechts oben). Auch wenn die Trainer selbst die zusätzliche Maßnahme nicht so gut bewerteten wie die anderen Evaluationsteilnehmer, sprachen sich beim Moderationsgespräch alle Beteiligten für eine Fortsetzung der Trainingsdokumentation des Videotrainings aus. Noch positiver wurde die Trainingsdokumentation des Hallentrainings bewertet. Das betraf alle Unterkategorien und unterschied sich zwischen den Evaluationsgruppen kaum. Die Fremdevaluatoren beurteilten die Maßnahme als sehr gut, da sie im DTTB in dieser Altersstufe anscheinend als vorbildhaft angesehen wird und als Beispiel für andere Leistungszentren gelten kann.

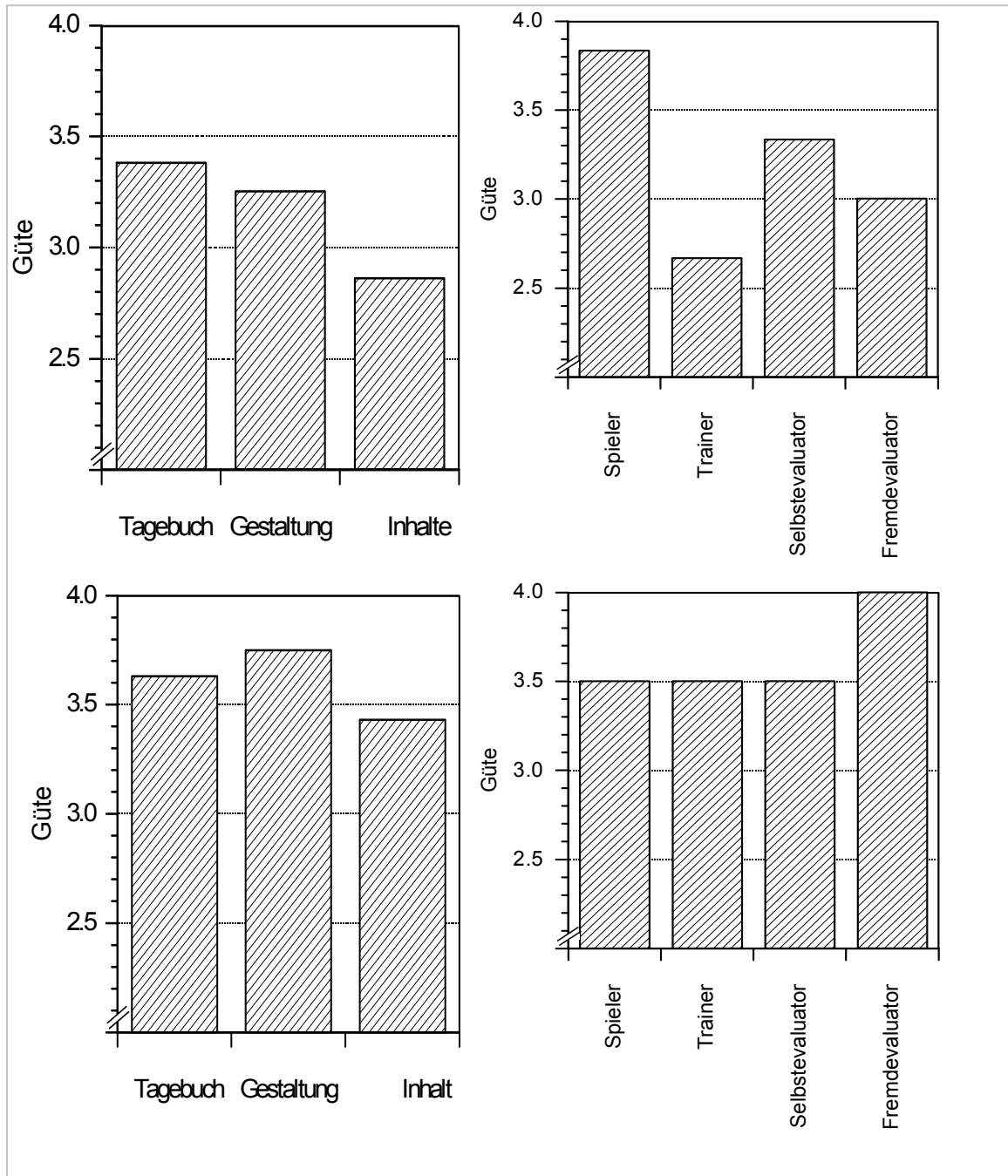


Abbildung 52: Bewertung der Trainingsdokumentation des Videotrainings (oben) und des Hallentrainings (unten) als Mittelwerte über alle Evaluationsteilnehmer (links) und getrennt nach Inventoren (Spieler, Trainer) und Evaluatoren (Selbst- und Fremdevaluatoren)

5.2.5 Leistungskontrolle im Wettkampf

Abbildung 53 zeigt die Ergebnisse insgesamt sowie getrennt für die einzelnen Inventoren und Evaluatoren für die Leistungskontrolle im Wettkampf. Die Bewertung der Wettkampfdiagnostik wurde in die Bereiche „Typ der Diagnostik“ und „Durchführung der Diagnostik“ getrennt.

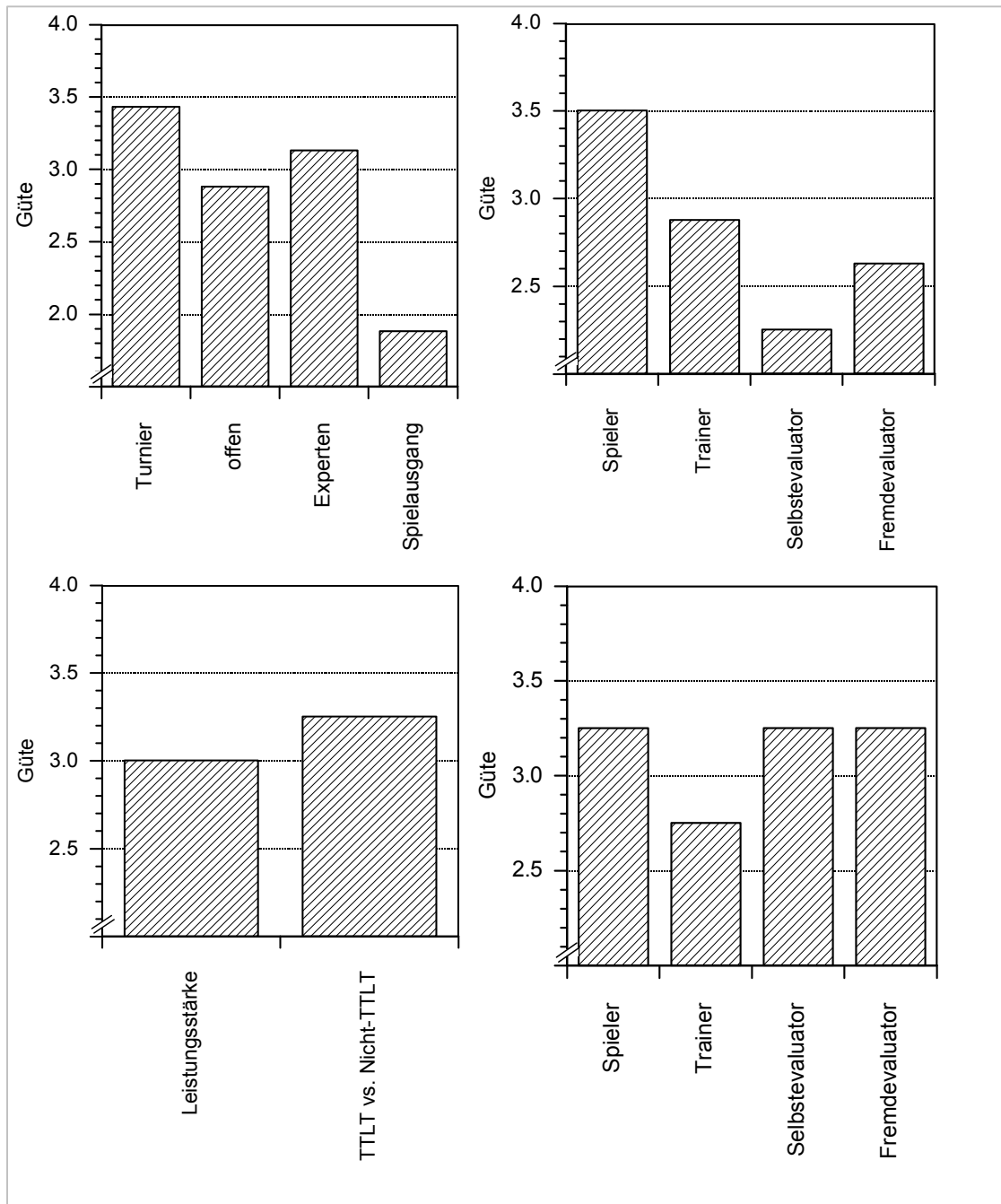


Abbildung 53: Bewertung der Art (oben) und der Durchführung (unten) der Wettkampfdiagnostik als Mittelwerte über alle Evaluationsteilnehmer (links) und getrennt nach Inventoren (Spieler, Trainer) und Evaluatoren (Selbst- und Fremdevaluatoren)

Die Evaluationsgruppe spricht sich dafür aus, dass die Wettkampfdiagnostik in Turnierform ausgetragen wird. Dabei werden Expertenurteile zur Leistungssteigerung und zur Beurteilung des Ist-Standes der Technikwechsel bevorzugt. Offene Spiele und die Bewertung des Spielausganges erscheinen allen Inventoren und Evaluatoren als ungeeignet, da solche Ergebnisse von zu vielen Faktoren beeinflusst werden, als dass sie allein auf den Schwerpunkt im Training zurückgeführt werden können. Die Evaluationsgruppen unterscheiden sich in der Wettkampfdiagnostik am deutlichsten, was an den unterschiedlichen Interessen liegt. Während für Spieler und Trainer die Leistung im Wettkampf das Maß für Erfolg oder Misserfolg darstellt, an dem sie gemessen

werden, haben die Evaluatoren methodische Befürchtungen, die die Generalisierung der Ergebnisse einschränken. Da dieses Projekt jedoch als prozessbegleitende Trainings- und Wettkampfforschung angelegt wurde, ist interne gegenüber externer Validität von geringerer Relevanz. Die Durchführung wird entsprechend der Stichproben zwischen Teilnehmern vs. Nichtteilnehmern am Projekt realisiert. Da die Stichproben nach Ansicht der Trainer in gleich starke Gruppen unterteilt wurden, ist eine alleinige Turniereinteilung nach Spielstärke nicht notwendig. Die einzelnen Evaluationsgruppen unterscheiden sich nicht maßgeblich in der Bewertung der Durchführung der Wettkampfdiagnostik, somit sind weitere Unterschiedsdarstellungen zu vernachlässigen.

5.2.6 Diskussion der formativen Evaluation

Die Konsequenzen aus der formativen Evaluation, die in der Moderatorensitzung protokolliert wurden, werden zusammengefasst und den Teilnehmern erneut zugesandt, um die protokollierten Vereinbarungen zu validieren. Diese sogenannte kommunikative Validierung der formativen Evaluationssitzung bestätigte die protokollierten Ergebnisse der Evaluation. Für die einzelnen Bereiche kam die Expertenkommission zu den folgenden relevanten Ergänzungen, beziehungsweise Veränderungen für die dritte Phase des Projektes der Intervallation.

Tabelle 22: Kommunikative Validierung der Ergebnisse der formativen Evaluation

Bereich	Gemeinsame Aussagen aller Evaluationsteilnehmer
Leistungsdiagnostik	In Zukunft ergänzend zum TTLT eine Partnerübung und langfristig Vergleichswerte mit älteren Spitzenspielern
Videorückmeldung	Musikunterstützung durch „Magic Ball“, Soll-Werte für Technikwechsel aus dem neuen DTTB Video
Techniktraining	Frühe Kombination von Techniken im Technikerwerbstraining
Trainingsdokumentation	Keine Veränderungswünsche, somit Fortführung der Dokumentation
Wettkampfdiagnostik	Messen der Leistungssteigerung unabhängig von Spielergebnissen
Bereich	Gemeinsame Aussagen aller Evaluationsteilnehmer
Übungsgestaltung	Längere Sequenzen beim Technikwechsel als beim Technikerwerb Trainingsumfang mindestens vier Wochen
Fragestellungen/Perspektiven	Erweiterung des Projektes durch Technikwechselaufnahmen im Wettkampf Mögliche Erarbeitung eines Methodikbuches mit dem DTTB

Ergänzend zu den Befunden der Intervention kann in Zukunft die Diagnostik von Technikwechseln mit weniger Sequenzen auskommen (vgl. Kapitel 2.5). Zudem soll für die externe Validierung der Technikwechsel auch in einer Partnerübung oder, wenn methodisch möglich, im Wettkampf analysiert werden. Videorückmeldung und Trainings- beziehungsweise Übungsgestaltung sowie Dokumentation müssen nur partiell angepasst werden. Für die Perspektiven gewinnt neben der messmethodischen Fragestellung besonders für die Phase III die Anwendungsorientierung der Zielsetzungen an Bedeutung. Die Trainer sind vor allem an verwertbaren Ergebnissen interessiert.

In der zweiten Stufe der Moderationssitzung wurden für die Gestaltung des Technikwechseltrainings Übungen von den kompetenten Tischtennisexperten entwickelt. Da Abhängigkeiten zwischen Bundes-, Stützpunkt- und Heimtrainern bestehen, sodass gemeinsame Lösungen zum Teil nur die Hierarchie der Gruppe oder weitere Faktoren von Gruppenentscheidungen (Janis, 1972) abbilden, wurde dazu die Delphi-Technik (vgl. Wittmann, 1985) benutzt, die eine individualisierte Befragung von Experten durchführt. Zur Durchführung der Technik wurde jedem Experten ein Blatt vorgelegt, auf dem er zu dem Bewertungsproblem („Beschreiben Sie sechs gute Übungen zum Technikwechseltraining“) mögliche Übungen angeben sollte. In der anschließenden Präsentation der von jedem gewählten Übungen wurden die

sechs Übungen mit höchster Akzeptanz übernommen und Kommentare gesammelt, falls die Meinung eines Teilnehmers sehr von dem Mittel der Übungen abwich.

Die formative Evaluation zeigte, dass die Programmimplementation erfolgreich umgesetzt werden konnte. Kritikpunkte wurden aufgenommen und werden in der Phase III für die Verbesserung der Intervention benutzt. Die Durchführbarkeit der Interventionsmaßnahme konnte im Rahmen der existierenden Bedingungen gut bis sehr gut umgesetzt werden. Die Akzeptanz ist sowohl bei den Inventoren als auch bei den Programmteilnehmern (Spielern) sehr gut. Rückmeldungen am Rande des Trainings von den Eltern oder den Heimtrainern zeigen darüber hinaus, dass die intensive Betreuung als Gewinn angesehen wird. Die Wirksamkeit des Programms wird als gut eingestuft und wird durch die Verbesserungen der Spieler in der Wettkampfdiagnostik bestätigt. Die Bewertung von Neben- und Folgewirkungen (Zeitaufwand usw.) ist positiv, da alle Interventionen und Diagnostikeinheiten im Rahmen des üblichen Trainings absolviert werden konnten. Nur die Dokumentation und Evaluation wurden als annehmbarer zusätzlicher Aufwand bezeichnet. Die Effizienz des Programms im Sinne einer Kosten-Effektivitäts-Relation (vgl. Mittag & Hager, 2000, S. 112) kann nur anteilig bewertet werden, da im Leistungssport trotz eines hohen Aufwandes nur geringe Leistungsverbesserungen erzielt werden können. Außerdem sind die Kosten der Entwicklung und Prüfung der TTLT-Diagnostik nicht ausschließlich der Interventionsmaßnahme zuzuschreiben, da sie Pilotcharakter für folgende Projekte besitzt. Eine Elaboration und Weiterentwicklung des Programms erscheint deshalb der geeignete Maßstab zur Klärung der Frage, ob die entwickelten Diagnostik- und Interventionsverfahren einer größeren Gruppe von Sportlern dienen können. Die Phase III (die Intervulation, siehe Kapitel 8) wird alle nötigen Veränderungen aus den Erfahrungen der formativen Evaluation und der Intervention bei der Technikoptimierung nutzen, um eine individuell angemessene Optimierung der Technikwechsel im Tischtennis zu realisieren.

6. Evaluation der Programmdurchführung

Die Evaluation der Programmdurchführung hat zwei Zielsetzungen. Erstens soll die Kontrolle der Programmausführung gewährleistet werden. Dazu wurde jeden Mittwoch ein Evaluator in das Stützpunkttraining des Bundesleistungszentrums geschickt, der Form, Inhalt und Vermittlungsstrategie mit den Programmvorgaben verglich und dafür sorgte, dass die Spieler die Informationen in ihre Tagebücher eintrugen. Dieses wurde dadurch realisiert, dass der Evaluator nach dem Training die Tagebücher kontrollierte. Die Programmimplementierung wurde noch dadurch verbessert, dass der Evaluator bei Durchsicht der Tagebücher erkennen konnte, ob Einträge fehlten oder der durchschnittliche Trainingsumfang nicht eingehalten wurde. Zusätzliche Informationen über Ausfälle (z. B. Schulreise, Krankheit) ließen eine genauere Ursachenforschung der Teilnahme oder Nicht-Teilnahme an der Intervention zu. Zudem wurden die Durchführung der Maßnahmen in der Alltagssituation überprüft und entsprechende Modifikationen vorgenommen. Am Beispiel der Videotrainingdokumentation sei dieses Vorgehen verdeutlicht. Im Tagebuch zum Videotraining wurde das Betrachten des Videos in Zeitintervalle geteilt, um die Länge des Trainings festzustellen. Diese Unterteilung erschien auch nötig, wenn Spieler sich Teile der Soll- und Ist-Werte unterschiedlich oft anschauten (zum Beispiel mehr Vorhand als Rückhand). Wie sich schnell herausstellte, schauten sich sämtliche Spieler stets das ganze zehnminütige Video an, sodass diese Unterteilung überflüssig wurde und die Dokumentation entsprechend modifiziert werden konnte.

Die zweite Zielsetzung ist die Prüfung der Programmweite. Da sich die Trainingsgruppe in der Interventionszeit nicht veränderte, sind keine Verzerrungen in der geplanten Programmreichweite festzustellen. Dies gilt auch für die üblichen Dokumentationen von Programmteilnehmern und Abrechnen der Intervention (vgl. Mittag & Hager, 2000, S. 114).

Die Bewertung der Programmwirksamkeit und der Programmeffizienz (vgl. Rossi, Freemann & Hoffmann, 1988) wird in der summativen Evaluation am Ende des Projektes beurteilt.

7. Metaevaluation

Die Metaevaluation (vgl. Standards der Evaluation, Kapitel 4.1) beurteilt die Qualität der Evaluation. Die Ergebnisse sprechen dafür, dass die formative Evaluation mit der Befragung von Inventoren und Evaluatoren als geeignet empfunden wurde. Das Moderationsgespräch sowie die anschließende kommunikative Validierung des Protokolls können ebenfalls als erfolgreich angesehen werden. Abbildung 54 zeigt die Ergebnisse insgesamt sowie getrennt für die einzelnen Inventoren und Evaluatoren für die Metaevaluation.

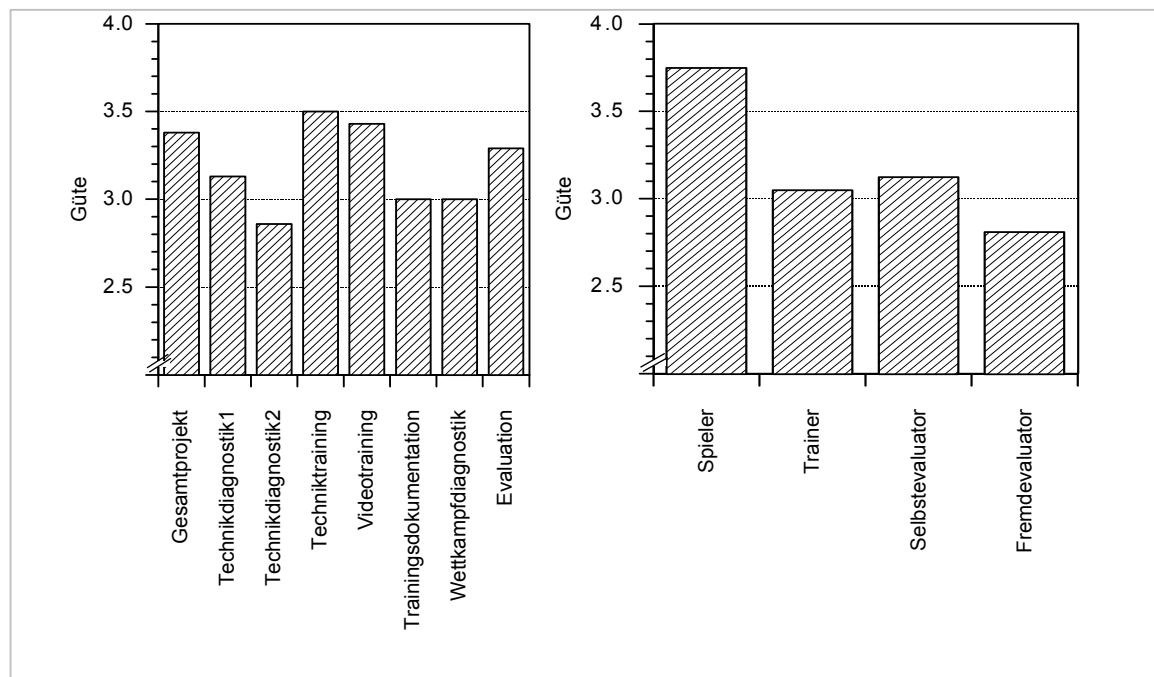


Abbildung 54: Metaevaluation für die Evaluationsbereiche als Mittelwerte über alle Evaluationsteilnehmer (links) und getrennt nach Inventoren (Spieler, Trainer) und Evaluatoren (Selbst- und Fremdevaluatoren)

Im Durchschnitt werden alle Evaluationsbereiche zwischen gut und sehr gut beurteilt. Besonders positiv wurden sie von den Spielern gesehen. Da alle Werte im guten Bereich sind, besteht hier kein weiterer Handlungsbedarf. Es kann festgehalten werden, dass die formative Evaluation in dieser Form eine hohe Akzeptanz bei allen Gruppen der Inventoren und Evaluatoren gefunden hat.

Phase III: Intervulation

8. Intervention der Technikübergänge

8.1 Diagnostik von Technikübergängen

Die Intervulation beschäftigt sich nach der vorrangigen Optimierung einzelner Techniken mit der Optimierung der Technikübergänge, dem Kernstück des Projektes. Aus den Erfahrungen der Intervention und den Ergebnissen der formativen Evaluation können für die Intervulation der

Technikübergänge konkrete Empfehlungen gegeben werden. Aus den Phasen I und II werden alle Verbesserungen für die Diagnostik, die Rückmeldung, das Training und die kurz- und langfristigen Leistungskontrollen übernommen, dem Technikübergangstraining angepasst und umgesetzt. Dies betrifft vor allem die im Protokoll der Moderatorensitzung festgelegte Verkürzung der Diagnostik und damit schnellere Rückmeldung, die Veränderung des Ist-Soll-Wert-Videos und die Umsetzung der generierten Übungen für das Technikwechseltraining. Die TTLT-Diagnostik des Prätests wurde benutzt (vgl. Kapitel 2), um die entsprechenden Rückmeldungen und Interventionsschritte zu planen.

8.2 Rückmeldung von Technikübergängen

Für die Technikübergänge sind Informationen über die Abweichung einer geradlinigen Bewegungsbahn unter den einzelnen Bedingungen rückzumelden. Bei der Rückmeldung einer individuell optimierten Bewegungsbahn helfen die Streuungsinformationen und die Gesamtbewegungslänge in Relation zur Trefferleistung. Die Daten werden graphisch veranschaulicht und eine Vorauswahl mit den Trainern für die jeweilige Rückmeldung an den Spieler getroffen. Die folgende Tabelle zeigt die relevanten Informationen.

Tabelle 23 fasst die Fehler beim Technikwechsel nach den Vorgaben der Bundestrainer (vgl. Kapitel 2) und Personen, für die dies besonders relevant ist, zusammen.

Tabelle 23. Fehler beim Technikwechsel für die einzelnen Personen und Fehler

Technikwechselsehler	Spieler
Das Absinken des Armes nach dem Schlag ist zu tief	Hermann, Katrin und Sarah
Die Bewegung von einer Technik zur anderen wird durch zusätzliche Bewegungen (Knick) zu spät realisiert	Maren und Kathrin

Wie in Tabelle 23 dargestellt, sind insgesamt zwei zentrale Fehler bei dem Technikwechsel als veränderungsbedürftig empfunden worden. Für die Rückmeldung und das Training müssen entsprechend individualisierte Gestaltungen gefunden werden, die diese Fehler korrigieren.

8.3 Training von Technikübergängen

Das Training der Technikübergänge orientiert sich nach den Ergebnissen der Delphi-Technik (vgl. Kapitel 4.2) am Moderationsgespräch und wird die Übungen beinhalten, auf die sich die Trainer einigen konnten.

Abbildung 55 zeigt die sechs Übungen mit der höchsten Übereinstimmung.

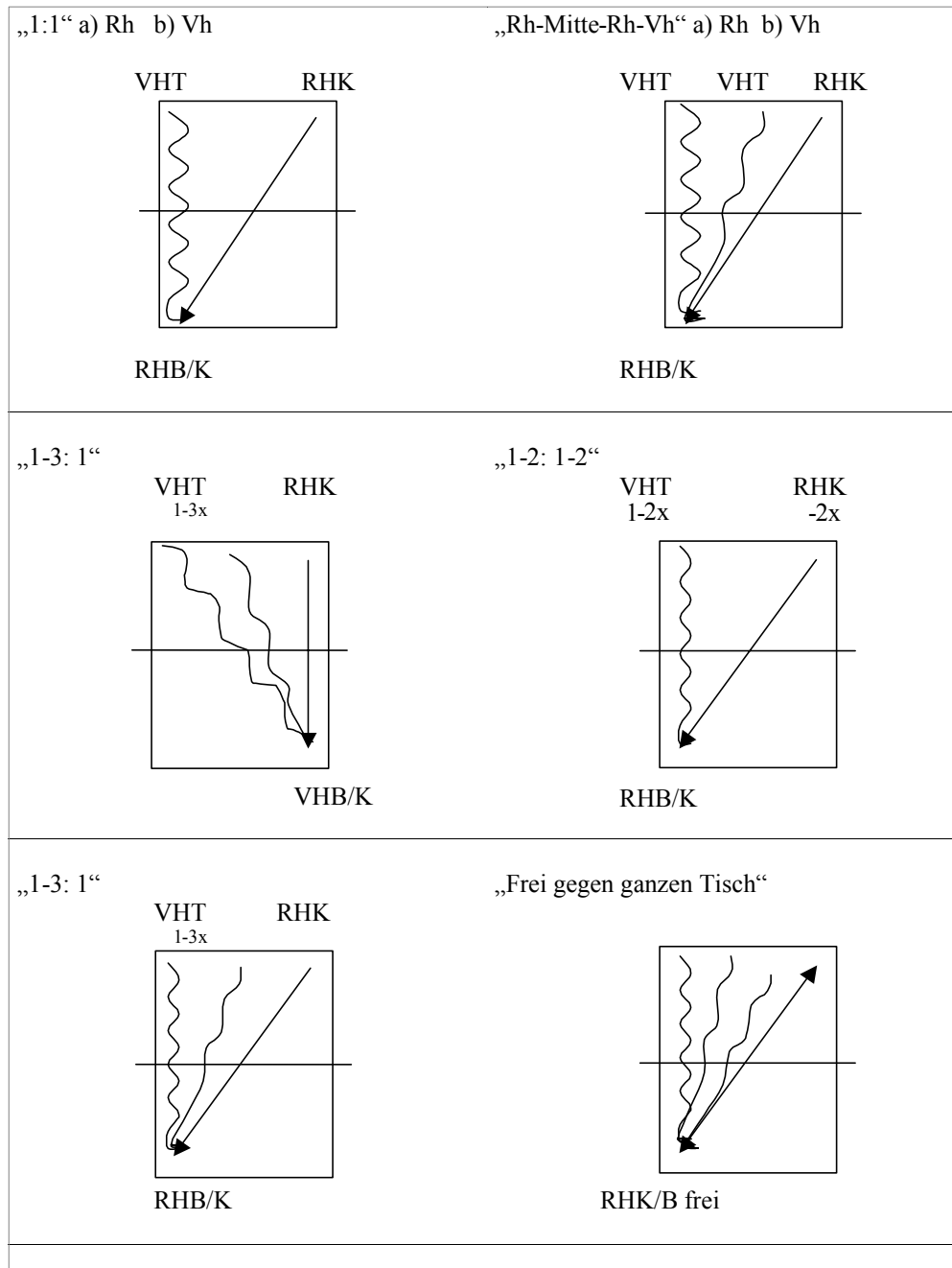


Abbildung 55: Sechs Übungen zum Training von Technikübergängen nach ihrer Reihung im Training geordnet

Die Übungen entsprechen den klassischen Prinzipien der Aufschaltung von Handlungsalternativen und der Komplexität der Aufgabenanforderungen. Die Übungen im Techniktraining werden von den Trainern individuell angepasst und von den Evaluatoren einmal in der Woche kontrolliert sowie von den Spielern in der Trainingsdokumentation erfasst.

8.4 Diagnostik nach den Interventionen

Die Diagnostik und Rückmeldung der Technikübergänge wird wie in der Phase I im exemplarischen Einzelfall und für ausgewählte Spielerpaare vorgenommen. Hermann wird erneut

als Einzelfall herangezogen, um dann gegebenenfalls Vergleiche zwischen Prä- und Post-Test ziehen zu können. Als Spielerpaar wird das Paar Hermann-Kathrin dargestellt.

Inhaltliche Veränderungen

Um den Zeitaufwand zu minimieren und um den Ergebnissen der Evaluation Rechnung zu tragen, wird der TTLT in verkürzter Form als Posttest durchgeführt.

Die in Kapitel 2 dargestellten Ergebnisse zeigen partiell signifikante Unterschiede zwischen den Sequenzen, sodass es sinnvoll scheint, statt der vorherigen vier Sequenzen nur noch die zwei Sequenzen 2 und 3 spielen zu lassen. Geschwindigkeit und Vorinformation über den nächsten Ball werden als Manipulationen beibehalten. Bei der unbekannten Bedingung werden wiederum alle vier Sequenzen ohne vorherige Ansage gespielt. Ausgewertet werden jedoch nur die beiden vorher bestimmten Sequenzen. Jede Sequenz wird unter jeder Bedingung, anstatt fünf nur noch drei Mal wiederholt. Bei unbekannter Bedingung wird solange gespielt, bis die Sequenzen 2 und 3 je drei Mal wiederholt worden sind.

Die Instruktion bleibt unverändert: Ziel ist, die Vorhandbälle mit Topspin, die Rückhandbälle mit Konter zu beantworten und jeden Ball in das aufgeklebte Zielfeld auf der gegnerischen Vorhandseite zu schlagen. Das Zielfeld wird beibehalten.

Diese Veränderungen ergeben im Durchschnitt einen Zeitbedarf von etwa dreißig Minuten pro Versuchsperson, die Spieler schlagen nach einer kurzen Einspielfase maximal 120 Bälle.

Technische Veränderungen

Für die Bewegungsanalyse in "Simi-Motion" ist vor allem notwendig, die Lichtverhältnisse zu verbessern. Die Scheinwerfer wurden so eingestellt, dass die aufgeklebten Marker auf den Gelenkpunkten reflektieren. Gleichzeitig wurde gewährleistet, dass der Spieler nicht geblendet wird und den zuspielenden Trainer und damit die Bälle rechtzeitig erkennen kann. Vermieden werden soll außerdem, dass durch zu starke Strahler Lichtflecken entstehen, die auf der Benutzeroberfläche von "Simi-Motion" die Auswertung behindern. Es hat sich als günstig erwiesen, mehrere Strahler einzusetzen und etwas diffuseres Licht von der Seite zu erzeugen. Insgesamt ist der Raum etwas heller erleuchtet als bei der ersten Aufnahme, was sich auch auf die Gesamtaufnahmen positiv auswirkt, mit denen die Trainer anschließend für die Korrekturen in der Halle arbeiten können.

Die Kamerapositionen werden beibehalten. Die beiden Kameras für die Aufzeichnung der Bewegung stehen in einem Winkel von etwa 90°. Es wurde darauf geachtet, dass in der frontalen Perspektive der Spieler nicht durch den einspielenden Trainer verdeckt wird. Bei der lateralen Perspektive wurde die Einstellung dahingehend verändert, dass nun der ganze Spieler bis zu den Füßen im Bild ist.

8.5 Leistungsverbesserungen der Technikoptimierung

Wie bereits bei der Intervention werden im Folgenden Veränderungen bei den Trefferleistungen und den Bewegungsanalysen für den exemplarischen Einzelfall sowie über Mittelwertvergleiche für die gesamte Stichprobe dargestellt.

8.5.1 Zentrale Tendenzen bei den Trefferleistungen

Die Darstellung der Trefferleistungen im TTLT erfolgt als individuelle Leistungsverbesserungen. In einer einfaktoriellen Varianzanalyse sind zuerst die Leistungsverbesserungen der zehn Sportler inferenzstatistisch nachzuweisen.

Tabelle 24 zeigt die Effekte für die Sequenzen, die sowohl im Prätest als auch im Posttest gespielt worden sind.

Tabelle 24: Varianztabelle für die Sequenzen zwei und drei für normale und hohe Geschwindigkeit bei bekannten und unbekannten Sequenzen (*p < .05; **p < .01). In Klammern hinter dem F-Wert die Verbesserung im Mittel der Stichprobe. Ein Wert von 1 entspricht der Verbesserung um ein Kästchen (20 cm, 40 cm, 60 cm Ränder) im Trefferfeld

Messwiederholung

Quelle der Varianz		df	F-Wert
Sequenz 2, Geschwindigkeit 1	Bekannt	9	.15 (.10)
Sequenz 3, Geschwindigkeit 1	Bekannt	9	2.85 (.70)
Sequenz 2, Geschwindigkeit 2	Bekannt	9	13.62** (2.1)
Sequenz 3, Geschwindigkeit 2	Unbekannt	9	6.60* (.74)
Sequenz 2, Geschwindigkeit 1	Unbekannt	9	15.83** (2.4)
Sequenz 3, Geschwindigkeit 1	Unbekannt	9	10.31** (.90)
Sequenz 2, Geschwindigkeit 2	Unbekannt	9	6.39* (.80)
Sequenz 3, Geschwindigkeit 2	Unbekannt	9	9.05* (1.2)

Die beiden Sequenzen bei normaler Geschwindigkeit und bekannter Struktur wurden vom Prä- zum Posttest hinsichtlich der Trefferleistungen nicht signifikant verbessert. Dafür kommen zwei mögliche Interpretationen in Frage. Erstens: Der Test zeigt für diese Sequenzen bereits im Prätest gute Leistungen, und die Leistungen können deshalb kaum verbessert werden. Zweitens: Durch die reduzierte TTLT-Diagnostik im Posttest wird die Sequenz 2 an den Anfang der Diagnose gestellt, was möglicherweise zu Sequenzeffekten führt, wodurch schlechtere Leistungen zu erwarten sind. Die zweite Argumentation ist nachvollziehbar, wenn man sich deskriptiv die leichten Verschlechterungen in der Sequenz 2 von Prä- zum Posttest vergegenwärtigt. Sämtliche Werte bei hohen Geschwindigkeiten und unbekannten Sequenzen führen zu signifikanten Leistungsverbesserungen. Interessant für den Vergleich mit den Bewegungsdaten sind vor allem die individuellen Verbesserungen. Von den in der Technikoptimierung vorgestellten vier Einzelfällen konnte Sarah am letzten TTLT-Diagnostiktermin nicht teilnehmen, deshalb werden nur noch Hermann, Maike und Kathrin dargestellt. Wegen der Übersichtlichkeit wird auf die Darstellung der bereits bei der Technikoptimierung nur zusammengefassten weiteren Stichprobe verzichtet, um im Detail Verbesserungen und ihre Zusammenhänge zeigen zu können.

8.5.1.1. Einzelfall Hermann

Hermann zeigt deutliche Verbesserungen in allen Sequenzen mit der Ausnahme von der Sequenz 2 bei normaler Geschwindigkeit und bekannter Reihenfolge der Schläge. Eine ANOVA mit Messwiederholung über alle Sequenzen ergibt eine signifikante Verbesserung ($F(1, 58) = 4.20$, $p < .05$, $\eta^2 = .07$).

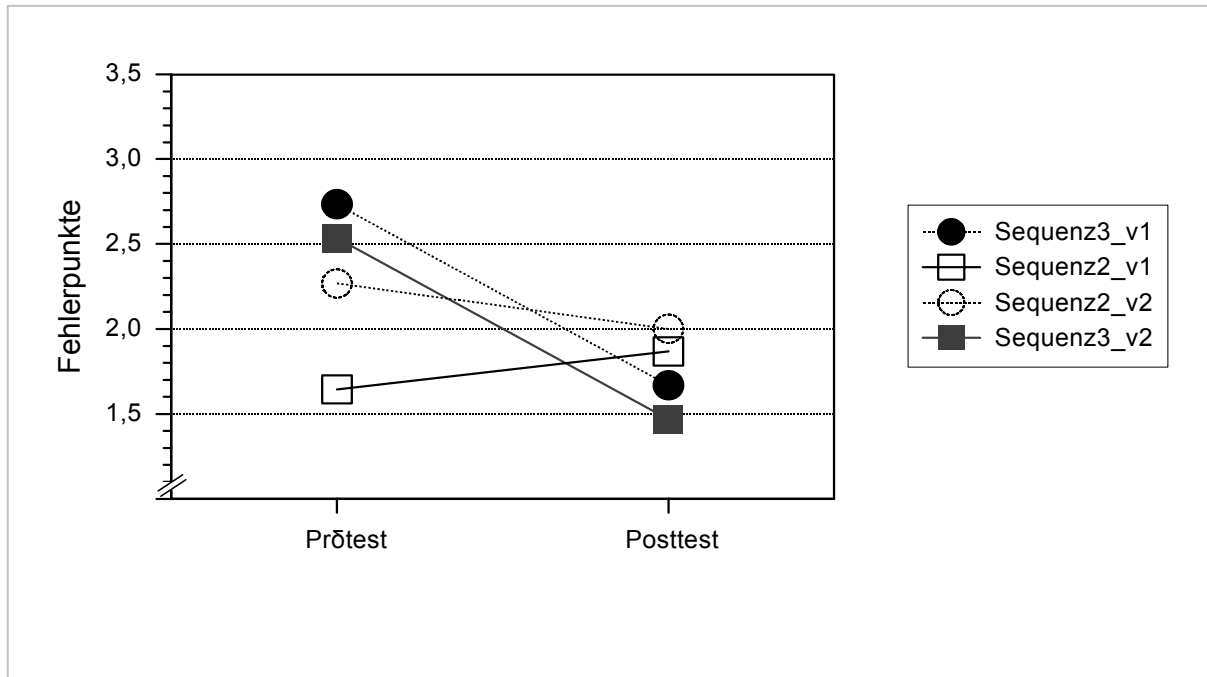


Abbildung 56: Einzelfall Hermann: Prä-Post-Vergleich für die bekannten Sequenzen 2 und 3 bei normaler und hoher Geschwindigkeit. Weniger Punkte bedeuten bessere Leistung.

Wie aber verändern sich die Leistungen, wenn die Reihenfolge der Schläge nicht bekannt ist? Abbildung 57 zeigt die Veränderungen bei unbekannten Sequenzen.

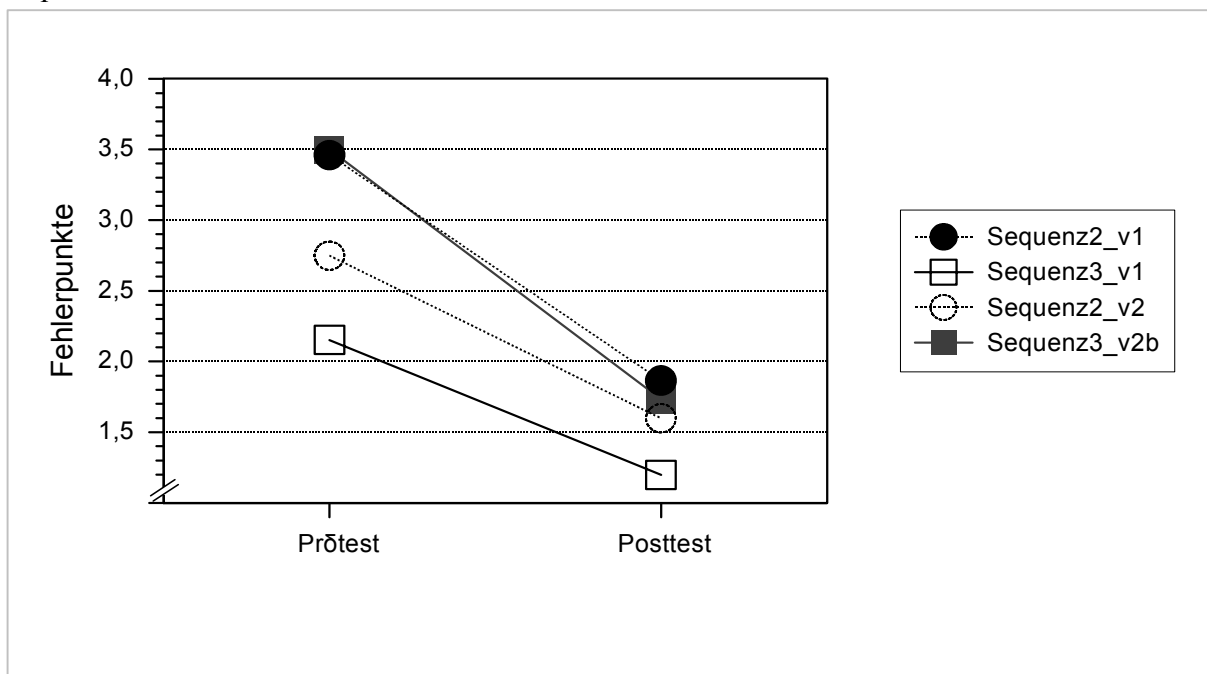


Abbildung 57: Einzelfall Hermann: Prä-Post-Vergleich für die unbekannten Sequenzen 2 und 3 bei normaler und hoher Geschwindigkeit. Weniger Punkte bedeuten bessere Leistung

Dass Hermann bei unbekannter Reihenfolge von Schlägen höhere Leistungsverbesserungen als bei bekannter Reihenfolge erzielt ($F(1, 56) = 22.04$, $p < .01$, $\eta^2 = .31$), lässt sich auf das Training der Technikübergänge zurückführen. Der Unterschied von Hermanns Mittelwert im Vergleich zur Evaluationsstichprobe (vgl. Kapitel 2.5.1.2, Abbildung 9) bestätigt diesen Eindruck. Der Effekt der Leistungsentwicklung ist für die unterschiedlichen Geschwindigkeiten in etwa gleich.

8.5.1.2. Einzelfall Kathrin

Die Analyse von Kathrin ist von besonderer Bedeutung, da sich bei Kathrin die größte Varianz zwischen den einzelnen Sequenzen und den Geschwindigkeiten in den Bewegungsanalysen gezeigt hat. Es ist deshalb zu prüfen, inwieweit das allgemeine Übergangstraining Effekte auf alle Geschwindigkeiten und Sequenzen in bekannter und unbekannter Reihenfolge der Schläge zeigt. Wie bei Hermann werden zuerst die Trefferleistungen bei bekannten Sequenzen dargestellt.

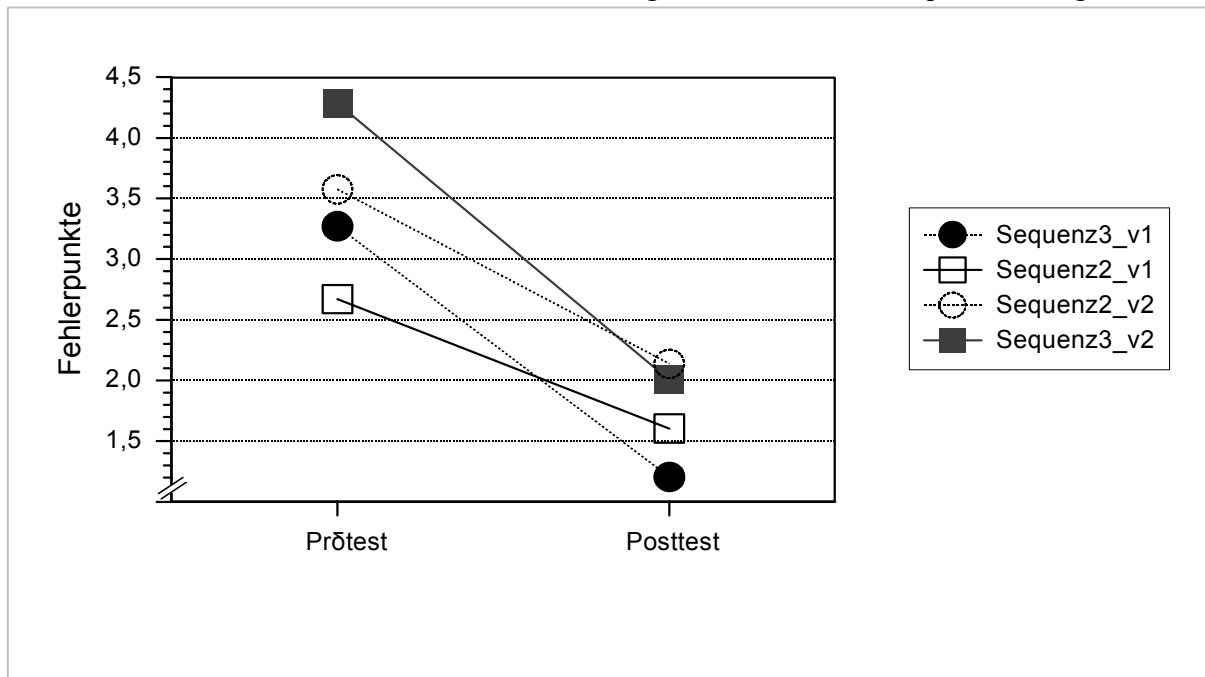


Abbildung 58: Einzelfall Kathrin: Prä-Post-Vergleich für die bekannten Sequenzen 2 und 3 bei normaler (v1) und hoher (v2) Geschwindigkeit. Weniger Punkte bedeuten bessere Leistung.

Kathrin zeigt ebenso wie Hermann im allgemeinen Leistungsverbesserungen ($F(1, 58) = 40.24$, $p < .01$, $\eta^2 = .41$). Sie ist bei Sequenz 3 etwas stärker als bei Sequenz 2. Da Sequenz 3 mehr Übergänge besitzt und sich bei der Bewegungsanalyse besonders bei dieser Sequenz bei hoher Geschwindigkeit Schwächen gezeigt haben, sind diese Entwicklungen als gewünscht anzusehen. Ob diese auf Veränderungen der Techniken selbst und/oder auf die Übergänge zurückzuführen sind, kann im Vergleich zu den Trefferleistungen bei unbekannter Sequenz abgeschätzt werden. Bei den unbekannten Sequenzen zeigen sich für alle Bedingungen Verbesserungen ($F(1, 43) = 25.22$, $p < .01$, $\eta^2 = .35$). Die größten Zuwächse sind für die Sequenz 2 bei hoher Geschwindigkeit zu verzeichnen. Das war bei der Videoanalyse auch der Bereich, in dem die größten nicht funktionalen Bewegungsvarianzen festzustellen waren. Auch hier kann man aufgrund der starken Verbesserungen davon ausgehen, dass das Übergangstraining seine Funktion erfüllt hat.

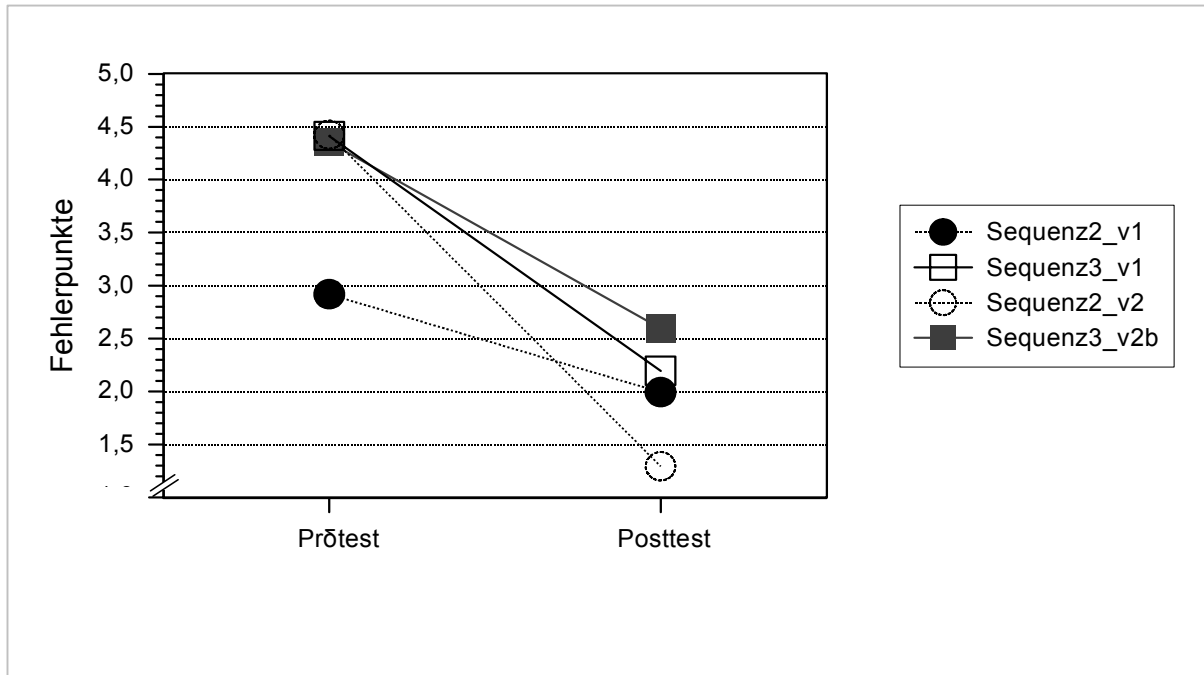


Abbildung 59: Einzelfall Kathrin: Prä-Post-Vergleich für die unbekannten Sequenzen 2 und 3 bei normaler und hoher Geschwindigkeit. Weniger Punkte bedeuten bessere Leistung

Fasst man die Einzelfallanalysen zusammen und berücksichtigt man auch die signifikanten Leistungsverbesserungen (vgl. Tabelle 24) im Mittel der Trainingsgruppe, so ist das nicht besonders erstaunlich. Natürlich sollten Sportler ihr Spiel durch das Training verbessern. Doch diese Spieler verfügen über lange Trainingserfahrungen und über ein relativ hohes Leistungsvermögen. Leistungen auf solch einem Niveau unter Berücksichtigung der Trainingslänge zu vollbringen, ist nicht selbstverständlich.

Der Unterschied zwischen den Trefferleistungen von bekannten und unbekannten Sequenzen hat sich verringert, und bei allen Spielern wurden bemerkenswerte signifikante Verbesserungen, vor allem in hohen Geschwindigkeiten, erreicht. Das kann zum Teil auf die Verbesserungen im Technikwechsel zurückgeführt werden. Eine Schätzung, wie groß diese Verbesserungen relativ zu der Entwicklung sind, wenn die Spieler ihr normales Training durchgeführt hätten, kann durch die Kontrollgruppe erfolgen, die Übungen im selben Umfang, nur ohne Schwerpunkt auf die Technikübergänge, wie die Trainingsgruppe absolviert hat.

Zunächst sind die Bewegungsanalysen und die Veränderungen der Bewegungen darzustellen, die als wichtigster Faktor für die verbesserten Trainingsleistungen gelten und auch langfristig Leistungsverbesserungen unterstützen sollen.

8.5.2 Zentrale Tendenzen bei den Bewegungsanalysen

Die Bewegungsanalysen beziehen sich in einem ersten Schritt auf die Komponentenanalysen, wie sie ausführlich bei den Ergebnissen der Prätestanalyse beschrieben wurden.

Die Komponentenanalyse (vgl. Kapitel 2 für die Prätestdaten) für die Technikoptimierung von Prä- und Posttest wird nur tabellarisch in einer Zusammenfassung gezeigt, da die Hauptzielstellung die Verbesserung der Technikübergänge ist. Tabelle 25 zeigt für die einzelnen Stufen der unabhängigen Variablen des TTLT die Anzahl der Komponenten und ihre Struktur bei 98 % und mehr aufgeklärter Varianz.

Tabelle 25: Komponentenstruktur Prä-/Posttest der Techniko-optimierung

Faktor	Anzahl Komponenten Prätest	Struktur der Komponenten	Anzahl Komponenten Posttest	Struktur der Komponenten
Bekannte Strukturen				
Sequenz 2	2	E (y)	2	S(y,z), H(y), E(x-)
Geschwindigkeit 1		S(y)		H(x),S(x),E(y-)
Sequenz 3	3	H(x),E(x),S(y)	2	T(z-,x-)
Geschwindigkeit 1		E(y),S(z)		E(y,x),S(y,z,x)
Sequenz 2	3	H(x),E(x)	2	E(y,x),S(y,z,x)
Geschwindigkeit 2		S(y),E(y)		H(y,x)
Sequenz 3	4	S(x),E(x),H(x)	3	E(x),S(x),H(x)
Geschwindigkeit 2		E(z),S(z)		E(y-),S(z-)
				S(y)
Unbekannte Strukturen				
Sequenz 2	3	T(x),H(x),E(x),S(x)	3	(Ex-,y+),H(y+,x-)
Geschwindigkeit 1		S(y),T(y),E(y)		S(z)
		E(z),S(z),H(z)		
Sequenz 3	4	T(x),H(x),E(x),S(x)	4	E(x),H(x),S(x,y)
Geschwindigkeit 1		E(z),S(z),H(z)		H(y)
				S(z),(Sy-)
Sequenz 2	5	H(x),S(x),E(x)	2	E(y),H(y-)
Geschwindigkeit 2		E(z-),H(y)		E(x),S(x)
		S(z),S(y)		S(z,y-)
Sequenz 3	5	H(x),E(x)	4	S(x),E(x),H(x,y)
Geschwindigkeit 2		S(z,y)		S(y),E(y)
		H(y+),E(y)		

Anmerkungen: S = Schulter, E = Ellbogen, H = Handgelenk, T = Tischtennisschläger, x-Achse = links und rechts vom Spieler, y-Achse = vorne und hinten, z-Achse = oben und unten; Minuszeichen = negative hohe Ladung auf entsprechenden Faktor. Reihenfolge der Punkte und der x-, y-, z-Achsenbezeichnungen in Klammern nach Höhe der Ladung geordnet.

Zur Erinnerung sind aus dem Kapitel 2 die Prätestergebnisse noch einmal aufgeführt. Die Tabelle liest sich in zwei Richtungen und die Struktur der Komponenten ist durch die Bewegungspunkte Schulter (S), Ellbogen (E), Handgelenk (H) und Tischtennisschläger (T) vorgegeben. Die Angaben x, y oder z geben die Bewegungsrichtung an. Die erste Leserichtung ist von oben nach unten und wurde bereits für die Prätestergebnisse erläutert. Im Vergleich zu den Prätestergebnissen ist die Anzahl der Komponenten ebenfalls erhöht von bekannten zu unbekannten Strukturen sowie erhöht bei hoher im Vergleich zu normaler Geschwindigkeit. Die zweite Blickrichtung ist von links nach rechts. In fünf von acht Fällen reduziert sich die Anzahl der Komponenten vom Prätest zum Posttest. In keinem einzigen Fall erhöht sich die Anzahl der Komponenten. Dieser Befund entspricht der Analyse der Trefferleistungen für die Gesamtstichprobe. Komponentenreduktionen über einen Lernverlauf wurden auch in anderen Aufgaben als Maß für die Bewegungsveränderungen benutzt (vgl. Post, Daffertshofer & Beek, 2000). Die weitaus wichtigere Analyse liegt jedoch nicht in der Anzahl der Komponenten, sondern in der Struktur der Komponenten, die darüber Aufschluss geben kann, wie strukturelle Veränderungen auftreten. Zunächst einmal ist festzustellen, dass Bewegungskomponenten sich überwiegend aus zwei bis drei Bewegungspunkten über die Gelenke hinweg, aber in einer Ebene, konzentrieren. Es ergeben sich jedoch aus 51 Komponenten siebenmal Komponenten mit einem Bewegungspunkt und zweimal Komponenten mit vier Bewegungspunkten. Die Komponentenstruktur zeigt zudem, dass überwiegend benachbarte Bewegungspunkte Komponenten abbilden. Zum Beispiel gibt es keine Komponenten, in denen Hand und Schulter

ohne den Ellbogen eine Komponente bilden, oder Tischtennisschläger und entfernte Bewegungspunkte wie Schulter oder Ellbogen allein eine Komponente darstellen. Zudem ist bemerkenswert, dass nur einmal ein Bewegungspunkt über zwei Achsen im Prätest korreliert, während dieser Fall bereits dreizehnmal im Posttest auftaucht. Dies spricht dafür, dass eine Strategie gelernt wird, die nicht die Freiheitsgrade zwischen Bewegungspunkten kontrolliert, beispielsweise durch die Ansteuerung von Gelenkwinkeln, sondern dass Bewegungstrajektorien durch den Raum von einigen wenigen, angesteuerten Bewegungsbahnen kontrolliert werden. Dies wird in den Konsequenzen erneut im Detail aufgegriffen, außerdem wird erläutert, was das für die motorische Ansteuerung solcher Bewegungen bedeuten kann (Kapitel 9), und wie Trainer und Spieler diese Prinzipien der Ansteuerung nutzen und optimieren können (Kapitel 11).

8.5.2.1. Bewegungsmerkmale im Prä-Post-Test

Die Bewegungsanalyse bezieht sich auf zwei Aspekte. Zum einen auf die Darstellung der Bewegungsmerkmale wie im Prätest (vgl. Kapitel 2), zum anderen auf die Technikübergänge und deren Analyse. Der Vergleich zwischen Prä- und Posttestergebnissen wird dann auf der Ebene der Komponentenanalyse vorgestellt.

Die Ausholbewegung

Die Ausholbewegung sollte nach dem Leitbild auf der Höhe der Tischkante anfangen, was im Mittel über alle Spieler und Bedingungen auch umgesetzt wurde ($M = -04 \text{ cm}$, $SD = 04$). Die hohen Streuungen basieren vor allem auf hohen Differenzen zwischen Bedingungen, in denen Sequenz 2 oder Sequenz 3 gespielt wurde, sowie durch hohe Streuungen zwischen Versuchspersonen, wie in den vergleichenden Einzelfallanalysen dargestellt wird. Eine ANOVA mit den y-Werten der Ausholbewegung relativ zur Tischkante ergab über alle Bedingungen hinweg keine signifikanten Unterschiede.

Der Ellbogen

Der Abstand zwischen Ellbogen und Schulter in x-Richtung der seitlichen Ausholbewegung ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bedingungen. Mit einem Mittelwert von etwa 20 cm Abstand über alle Spieler und Bedingungen sind in den einzelfallanalytischen Betrachtungen zu berechnen, inwieweit sich weite oder zu nahe Abstände auf die Trefferleistungen auswirken.

8.5.2.2. Zusammenhang zwischen Trefferleistungen und Bewegungen

Bislang wurden Trefferleistungen und Bewegungsanalysen getrennt dargestellt. Für die Trainer ist jedoch die Information, ob bestimmte Bewegungsveränderungen auch zu Trefferverbesserungen führen, besonders wichtig. Beispielsweise sagt die Reduzierung der Komponenten zwischen Prä- und Posttest sowie der Unterschied der Anzahl der Komponenten zwischen bekannten und unbekannten Sequenzen nur dann etwas über Verbesserungen aus, wenn diese mit besseren Trefferleistungen korrelieren. Deshalb wurden im Folgenden die z-transformierten Trefferleistungen und die z-transformierte Anzahl der Komponenten aufeinander bezogen für Vergleiche zwischen Prä- und Posttest als auch zwischen bekannten und unbekannten Sequenzen. Dies geschah für die Einzelfälle zur Rückmeldung separat und wird hier im Mittel dargestellt. Die Korrelation bei unbekannten Sequenzen erreicht mit $r = .59$ ($p < .01$) einen signifikanten Zusammenhang. Der Zusammenhang ist positiv, da mit größerer Anzahl von Komponenten auch größere Werte bei der Trefferdiagnostik erreicht werden. Da größere Werte bei der Diagnostik jedoch schlechtere Leistungen bedeuten, bedeutet die positive Korrelation, dass geringere Bewegungskomponenten zu besseren Trefferleistungen führen. Dies ist ein wichtiges Ergebnis, das über die Ergebnisse insgesamt als auch über Prä- und Posttest einzeln gefunden werden kann. Für die bekannten Sequenzen ist die Korrelation zwischen Treffern und Bewegungsqualität $r = .34$ ($p > .05$) nicht bedeutsam und spricht wiederum dafür, dass die Bewegungskomponenten, die an

dem Technikwechsel beteiligt sind, stärker mit den Trefferleistungen korrelieren. Insgesamt sind der durchschnittliche Wert sowie die einzelnen Werte vom Prä- und Posttest in der vorhergesagten Richtung zu finden und mit einer Korrelation von über .30 zumindest anteilig feststellbar. Im Prätest sind die Korrelationen zwischen Treffern und Bewegungsqualität erwartungsgemäß geringer als im Posttest. Wie bereits in den Analysen der Treffer und der Bewegungen separat dargestellt, sind mehr Knotenpunkte in den unbekannten und hohen Wettkampfgeschwindigkeiten und entsprechend mehr Fehler bei diesen Bedingungen zu finden. Der interessanteste Befund ist, dass bei einer Analyse der Prätest- versus Posttestergebnisse sich die Korrelationen in den unbekannten Sequenzen am meisten erhöhen und somit für den Zusammenhang von dargestellten Veränderungen im Technikübergang und den besseren Trefferleistungen sprechen. Im Einzelfall variieren diese Zusammenhänge und können wegen ihres Umfangs hier nicht dargestellt werden. Für die Trainer war wichtig, anhand der Analyse zu sehen, dass die gefundenen Trefferleistungen bei den unbekannten Sequenzen anteilig auf das Training des Technikwechsels zurückzuführen sind. Auf Grund der schließlich im Labor entstandenen Resultate besteht die zentrale Forderung, diese Ergebnisse auch in mittelfristigen und langfristigen Leistungsverbesserungen, insbesondere im Wettkampf umsetzen zu können.

8.5.2.3. Prä-Post-Vergleich der Technikwechsel

Der Vergleich der Veränderungen der Technikwechsel und deren Zusammenhang mit den Trefferleistungen kann wie beim Prätest (vgl. Kapitel 2) durch die Hypothesen zur Neutralstellung (Tiefe des Absinkens des Handgelenks nach Ballkontakt und vor erneuter Ausholbewegung) und zur Streckenlänge der Übergangsbewegung (Knick) bewertet werden. Für die Hypothese 3a wurde entsprechend dem Verfahren aus den Prätestanalysen die mittleren minimalen y-Achsen-Werte mit den Trefferleistungen korreliert. Im Vergleich zum Prätest (in etwa 30 cm) wurde das Absinken des Handgelenks im Mittel über alle Spieler und Bedingungen nur noch 18,5 cm nach dem Ballkontakt und vor dem Initiieren der Ausholbewegung realisiert. Wie im Prätest wird das Handgelenk nach Ballkontakten und anschließendem Technikwechsel stärker bei bekannter Reihenfolge von Sequenzen (im Mittel 13,88 cm) im Vergleich zu unbekannter Reihenfolge von Sequenzen (im Mittel 20,5 cm) abgesenkt. Innerhalb der Geschwindigkeiten ist ebenfalls geringeres Absinken bei normaler Geschwindigkeit gegenüber der hohen Geschwindigkeit festzustellen (bekannte Strukturen: normale Geschwindigkeit 12,5 cm, hohe Geschwindigkeit 15,25 cm; unbekannte Strukturen: normale Geschwindigkeit 15,3 cm, hohe Geschwindigkeit 25,7 cm). Die Korrelation zwischen mittlerem Absinken in den einzelnen Bedingungen im Mittel über alle Spieler und den entsprechenden Trefferleistungen ergab eine erwartete mittlere negative Korrelation, die allerdings nicht signifikant wurde ($r = -.46$, $p > .05$). Im Vergleich zum Prätest mit einer negativen Korrelation von $r = -.25$ ist der negative Zusammenhang zwischen Treffern und Neutralstellung größer geworden.

Für die Hypothese 3b sind die Streckenlängen und Trefferleistungen im Posttest zu berechnen und mit den Korrelationen aus dem Prätest zu vergleichen. Hypothese 3b: Je größer die Streckenlänge nach Ballkontakt und Start der nächsten Ausholbewegung bei Technikwechseln ist, desto geringere Trefferleistungen werden erzielt. Dazu werden im Mittel über alle drei Dimensionen (x-, y-, z-Achse) die Streckenlängen (vgl. Kapitel 2) über die Bedingungen verglichen. Dies geschieht wie bei der Hypothese 3a nur über die Übergänge zwischen zwei Schlägen, in denen die Technik gewechselt wird. Wie erwartet sind im Mittel über alle Spieler die Streckenlängen für die bekannten Reihenfolgen von Sequenzen kürzer als für die unbekannten Reihenfolgen. Im Mittel sind die Bewegungen über alle drei Dimensionen des Handgelenks um 15,25 cm kürzer. Auch innerhalb der Geschwindigkeiten finden sich höhere Streckenlängen für die bekannte Reihenfolge der Sequenzen bei höheren Geschwindigkeiten von im Mittel 9,5 cm, allerdings nicht für die

unbekannten Reihenfolgen von Sequenzen, in denen in etwa die gleichen Streckenlängen bei normaler und hoher Geschwindigkeit in den Technikwechseln zurückgelegt werden. Berechnet man die Korrelation zwischen Streckenlänge und Treffern über alle Spieler und Bedingungen, so ist eine hohe positive Korrelation ($r = .65$, $p = .078$) zu verzeichnen, die knapp das Signifikanzniveau verpasst. Größere Streckenlängen hängen mit höheren Punkten bei den Fehlerwerten zusammen, sodass besser getroffen wird, wenn geringere Technikwechselbewegungstrajektorien vorliegen. Im Vergleich zum Prätest (geringe positive Korrelation von $r = .13$) ist der Zusammenhang zumindest im Mittel gestiegen. Inwieweit die geringeren Streckenlängen und, damit zusammenhängend, die besseren Trefferleistungen nur auf die Optimierung der Technikwechsel zurückzuführen sind, kann nur im Vergleich mit den Verbesserungen in den Bewegungsmerkmalen sowie den Expertenratings der Trainer in den Trainings- und Wettkampfanalysen abgeschätzt werden.

8.5.3 Exemplarische Einzelfälle für Veränderungen der Bewegungsmerkmale

Wie in der Intervention wird an einem Einzelfall die Analyse demonstriert, und anschließend werden in einer vergleichenden Einzelfallanalyse die Veränderungen der Technikübergänge beschrieben.

In der Abbildung 60 werden Hermanns Bewegungen betrachtet, wenn er keine Vorinformation über die Platzierung des Balls hat. Er weiß auch nicht, dass die Sequenzen erneut gespielt werden. Die Reihenfolge der eingespielten Sequenzen erfolgte ebenfalls zufällig, wird hier aber geordnet dargestellt. Die Abbildung zeigt die Vertikalbewegung des Handgelenks bei den Sequenzen 2 und 3 ohne Vorinformation und bei normaler Geschwindigkeit.

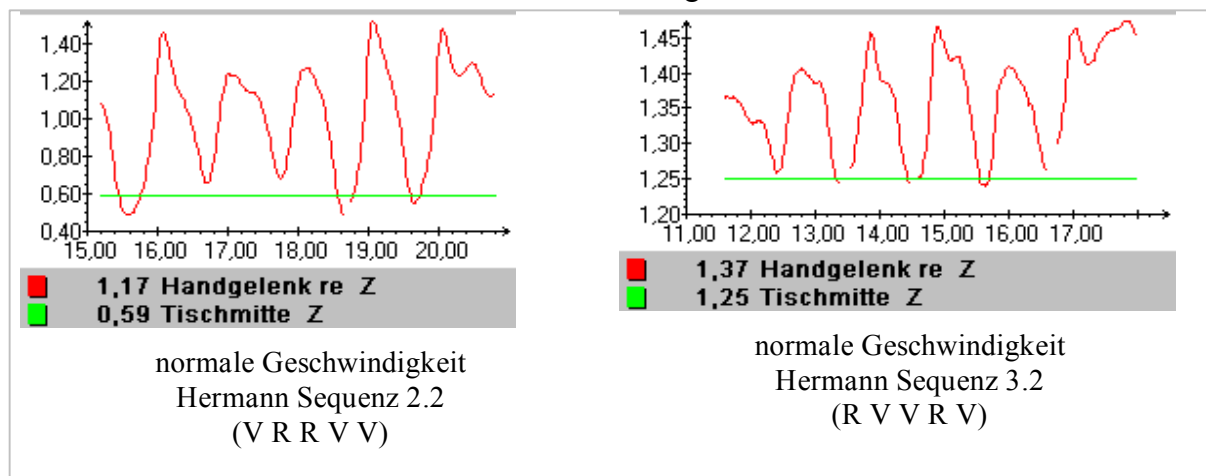


Abbildung 60: Vertikalbewegung des Handgelenks bei den Sequenzen 2 und 3 mit Vorinformation und normaler Geschwindigkeit. Es sind jeweils die mittleren fünf Schläge dargestellt. V = Vorhand, R = Rückhand (x-Achse Zeit in Sekunden, y-Achse Bewegung in Meter)

Es ist deutlich zu erkennen, dass die Kurve nur vereinzelt und relativ wenig unter der eingezeichneten Horizontalen (Tischkante) verläuft. Hermanns Fehler des Ausholens unter Tischniveau tritt im Vergleich zum ersten Diagnostiktermin mit einem Mittelwert von 3 cm (SD = 2 cm) in der Sequenz 2 und einem Mittelwert von -2 cm (SD = 4 cm) vermindert um 20 cm auf. Die angezielte Technikoptimierung aus der Intervention kann über alle Sequenzen in dieser Bedingung gerechnet als erfolgreich gewertet werden ($F(1, 985) = 118.73$, $p < .01$, $\eta^2 = .89$). Zudem zeigen die Trefferleistungen, dass die Verbesserungen der Treffgenauigkeiten aus den Veränderungen der Bewegungen resultieren.

Bei höherem Tempo ergeben sich Kurven, wie sie exemplarisch in Abbildung 61 dargestellt sind.

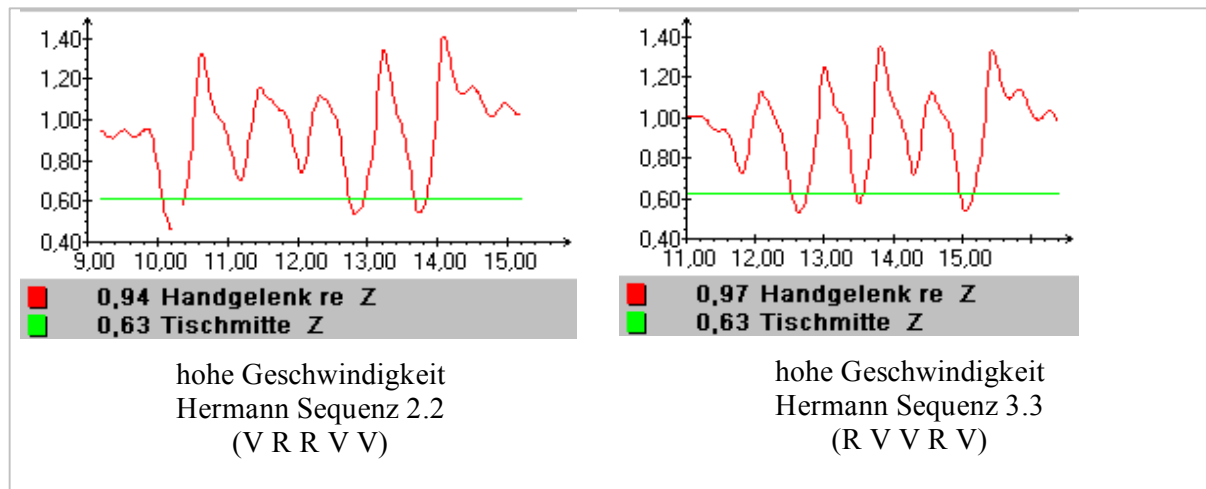


Abbildung 61: Vertikalbewegung des Handgelenks bei den Sequenzen 2 und 3 mit Vorinformation und hoher Wettkampfgeschwindigkeit. Es sind jeweils die mittleren fünf Schläge dargestellt. V = Vorhand, R = Rückhand (x-Achse Zeit in Sekunden, y-Achse Bewegung in Meter)

Hermanns Ausholfehler zeigt sich etwas deutlicher im Vergleich zu der normalen Geschwindigkeit (Sequenz 2: $M = -6,8$ cm, $SD = 12$ cm; Sequenz 3: $M = -3,4$ cm, $SD = 18$ cm) und bedarf deshalb weiterer Optimierungen, wenn sich dieser Fehler als leistungslimitierend in den Wettkampfanalysen feststellen lässt. Im Vergleich zum Prätest können aber ebenfalls Ausholbewegungsdifferenzen diagnostiziert werden, die von ca. 22 cm (Mittel von Sequenz 2 und Sequenz 3 aus dem Prätest) auf 5,1 cm (im Mittel über Sequenz 2 und 3 im Posttest) reduziert werden konnten ($F(1, 726) = 165.77$, $p < .01$, $\eta^2 = .91$).

In der Abbildung 62 werden Hermanns Bewegungen betrachtet, wenn er keine Vorinformation über die Platzierung des Balls hat. Er weiß auch nicht, dass die Sequenzen erneut gespielt werden. Die Reihenfolge der eingespielten Sequenzen erfolgt ebenfalls zufällig, wird hier aber geordnet dargestellt. Die Abbildung zeigt die Vertikalbewegung des Handgelenks bei den Sequenzen 2 (links) und 3 (rechts) ohne Vorinformation und bei normaler Geschwindigkeit.

Die Sequenzen wurden unregelmäßig eingespielt, werden hier aber in geordneter Reihenfolge dargestellt. Bei normaler Geschwindigkeit, aber unbekannter Reihenfolge der Schläge, finden wir ein verändertes Bewegungsmuster im Vergleich zu den Anfangsdaten. Im Prätest holte Hermann mit -2 cm (Sequenz 2) und -31 cm (Sequenz 3) im Mittel 16,5 cm unter dem Tischniveau aus. Die Mittelwerte liegen bei dem Posttest bei -6,9 cm ($SD = 2,9$ cm, Sequenz 2) und -1,7 cm ($SD = 2$ cm, Sequenz 3) im Mittel mit -4,3 cm nahe an der Tischkante, die keinen signifikanten Unterschied ergaben (Prä- Posttestvergleich: $F(1, 583) = 2.08$, $p > .05$, $\eta^2 = .17$).

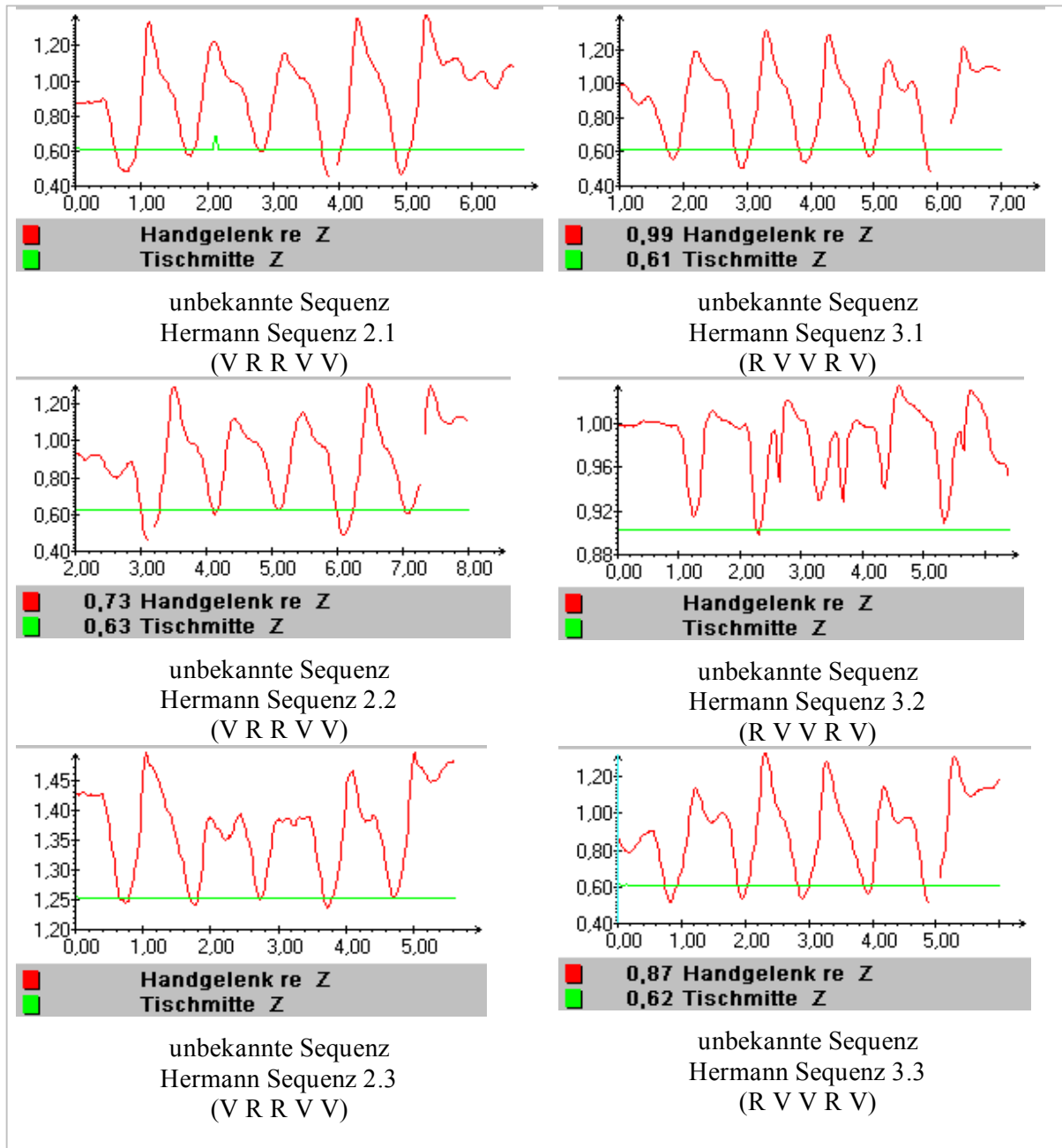


Abbildung 62: Vertikalbewegung des Handgelenks bei den Sequenzen 2 und 3 ohne Vorinformation und normale Geschwindigkeit. V = Vorhand, R = Rückhand (x-Achse Zeit in Sekunden, y-Achse Bewegung in Meter)

Die Rückhandamplituden sind jetzt deutlich erhöht, ohne dass dies zu Verlusten der Treffgenauigkeit führt, dafür aber bei zu schnell gespielten Bällen (vgl. Kapitel 2). Doch wie verändert sich das Verhalten bei hohen Geschwindigkeiten? Bei hoher Wettkampfgeschwindigkeit ergeben sich Kurvenverläufe, wie sie exemplarisch in Abbildung 63 dargestellt sind.

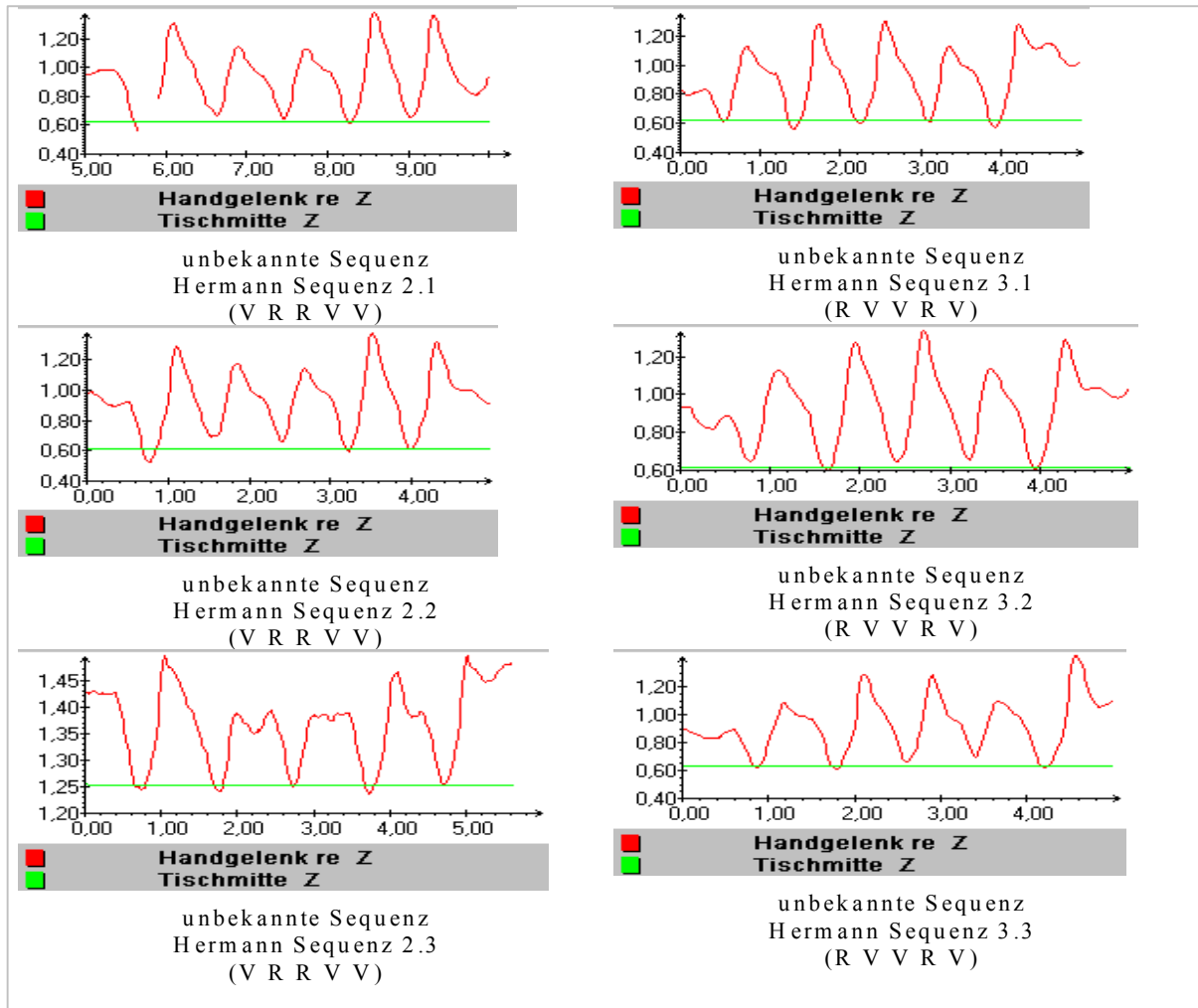


Abbildung 63: Vertikalbewegung des Handgelenks bei den Sequenzen 2 und 3 ohne Vorinformation und hohe Wettkampfgeschwindigkeit. V = Vorhand, R = Rückhand (x-Achse Zeit in Sekunden, y-Achse Bewegung in Meter)

Bei der hohen Wettkampfgeschwindigkeit sind die Übergänge zwischen den Bewegungen im Vergleich zum Anfangstest viel direkter und zeigen weiterhin hohe Amplituden für die Rückhandbewegung. Beim Anfangstest wurden für die Sequenz 2 ($M = -34$ cm) und die Sequenz 3 ($M = 13$ cm) im Mittel 23,5 cm unter dem Tischniveau ausgeholt. Im Posttest verringerte sich die Ausholbewegung unter dem Tisch auf ein Mittel von -7,6 cm (Sequenz 2: $M = 12$ cm, $SD = 4,5$ cm; Sequenz 3: $M = 3,2$ cm, $SD = 5,9$ cm). Zusammenfassend sind die angestrebten Bewegungsparameter erreicht worden, die knapp die Signifikanzgrenze verfehlen $F(1, 219) = 6.01$, $p = .07$, $\eta^2 = .60$). Da die Bewegungsveränderungen mit schneller gespielten Bällen zusammenhängen und mehr Treffer (vgl. Kapitel 2) erzielt werden, ist die Entwicklung als positiv zu bewerten.

8.6 Leistungsverbesserungen bei dem Technikwechsel

8.6.1 Trefferleistungen

Für die Diagnostik der Technikübergänge müssen nur die Hypothesen (vgl. Kapitel 2) benutzt werden, die sich auf die Effekte von Technikwechseln beziehen. Das ist zum einen der Sequenzunterschied aufgrund der Anzahl verschiedener Technikwechsel in der Sequenz und die Position der Technikwechsel innerhalb der Sequenz. Eine ANOVA mit Sequenz als Faktor für die Trefferleistungen ergab signifikant schlechtere Trefferleistungen in Sequenzen, in denen mehr Technikwechsel vorkamen, im Vergleich zu Sequenzen, in denen wenig Technikwechsel vorkamen ($F(7, 27) = 3.05, p < .01, \eta^2 = .25$). Dies ist mit den Ergebnissen aus der Diagnostik vor der ersten Intervention identisch. Die Position der Technikwechsel hat keinen Effekt auf die Trefferleistung ($F(7, 27) = .94, p > .05$). Bei den Einzelanalysen werden Mittelwerte der Gruppe in den Trefferleistungen und Einzelfälle gegenübergestellt, sodass hier auf eine Darstellung verzichtet werden kann.

8.6.2 Vergleichende Einzelfallanalyse für die Technikübergänge

Die vergleichende Einzelfallanalyse ist entsprechend dem Vorgehen aus der Intervention strukturiert. Hermann und Kathrin dienen der Veranschaulichung. Die Analyse bezieht sich auf die Bewegungstrajektorie des Übergangs.

Beispiel Hermann und Kathrin

In den folgenden Abbildungen ist die Sequenz 2 dargestellt. Es werden jeweils die mittleren fünf Schläge dargestellt. Abbildung 64 zeigt die Vertikalbewegung des Handgelenks bei Sequenz 2 von Hermann und Kathrin im Vergleich.

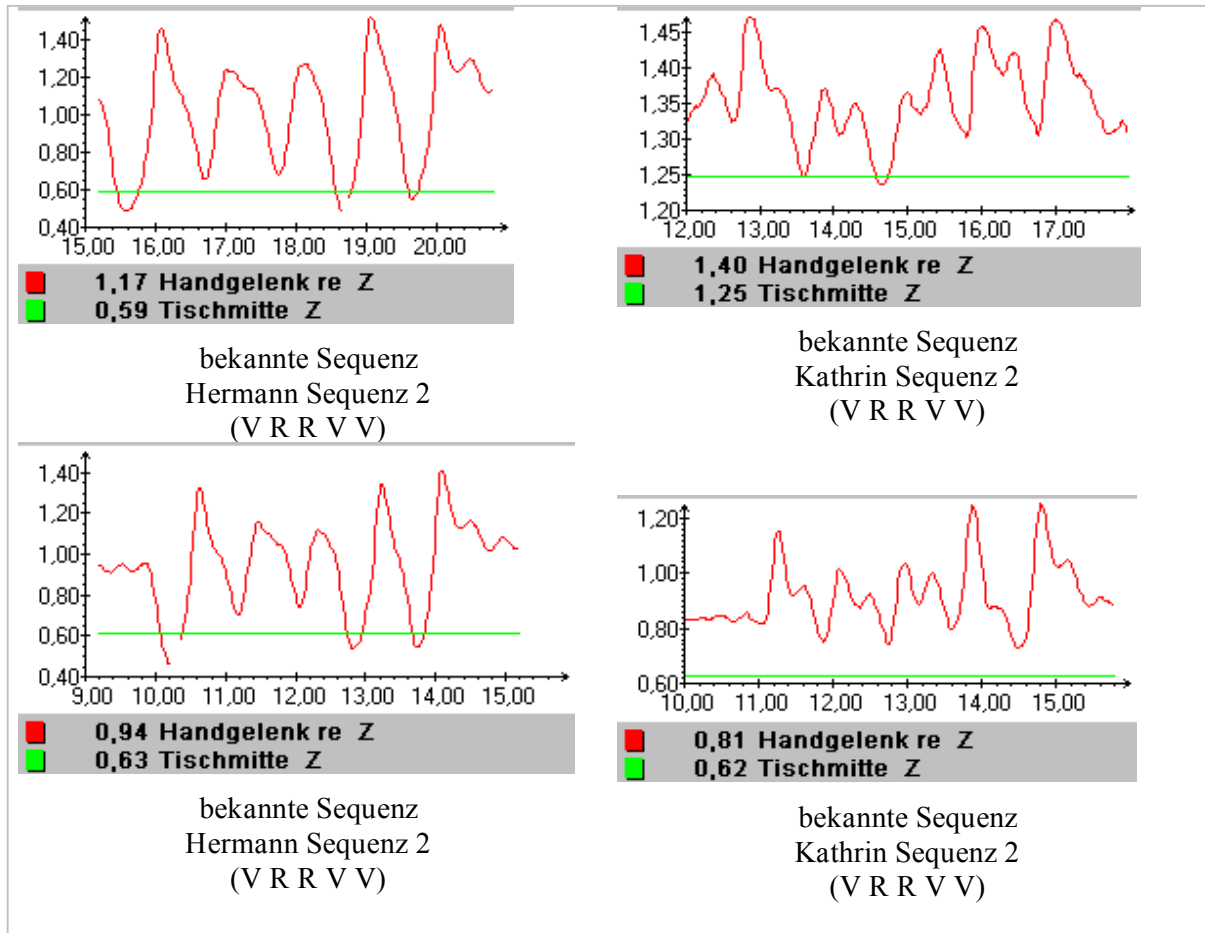


Abbildung 64: Vertikalbewegung des Handgelenks bei der Sequenz 2 mit Vorinformation und normaler (oben) und hoher Wettkampfgeschwindigkeit (unten). V = Vorhand, R = Rückhand (x-Achse Zeit in Sekunden, y-Achse Bewegung in Meter)

Der Unterschied zwischen Hermann und Kathrin ist besonders bei hohen Geschwindigkeiten bedeutsam. Während Hermann regelmäßige Bewegungstrajektorien zeigt, sind bei Kathrin in einigen Mustern deutliche Variationen zu finden, die mit ihrer Trefferleistung verglichen werden müssen. Dies ist besonders relevant, wenn die Reihenfolge der Schläge unbekannt ist (vgl. Abbildung 65).

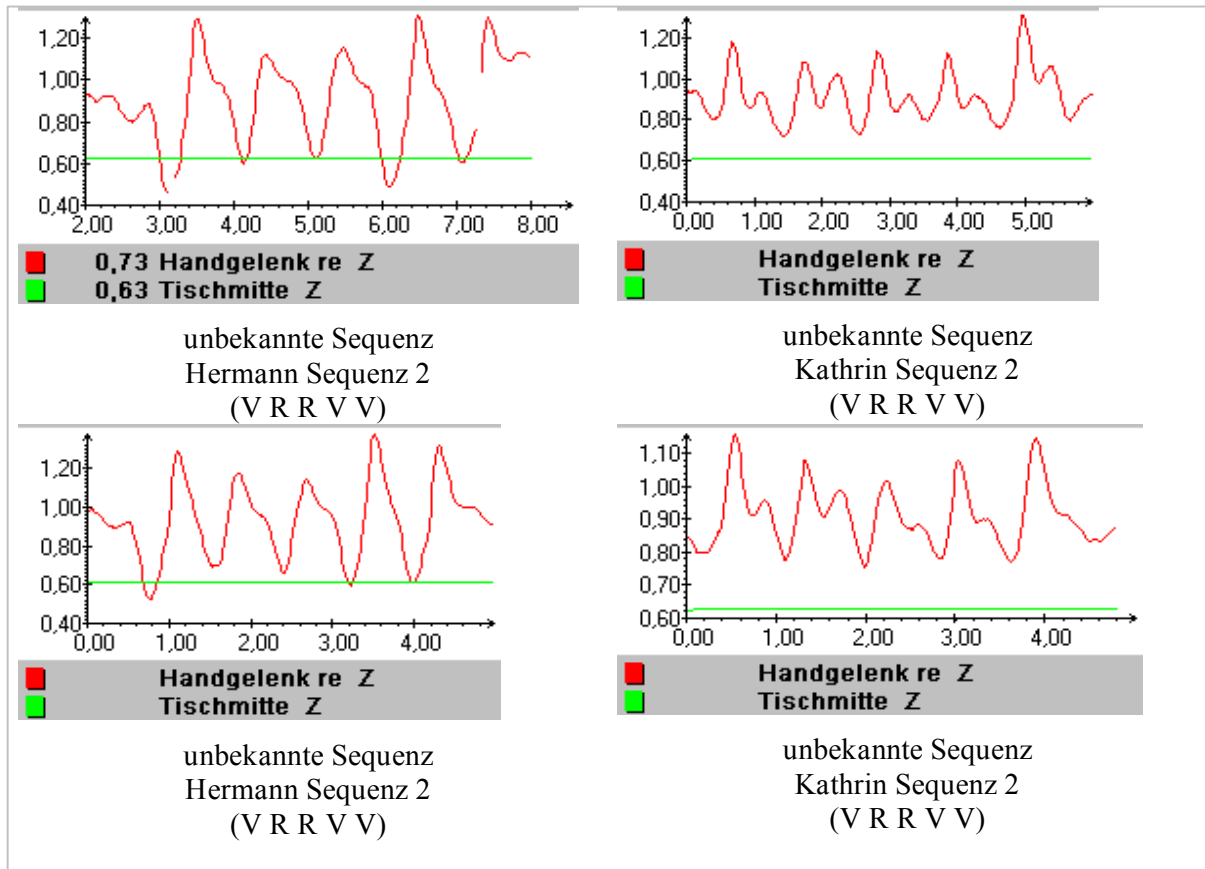


Abbildung 65: Vertikalbewegung des Handgelenks bei der Sequenz 2 ohne Vorinformation und normaler (oben) und hoher Wettkampfgeschwindigkeit (unten). V = Vorhand, R = Rückhand (x-Achse Zeit in Sekunden, y-Achse Bewegung in Meter)

Es fällt in der Abbildung 65 auf, dass die Verzögerung zwischen den Bewegungen durch eine kleine Auf- und Abbewegung realisiert wird. Gerade bei hoher Wettkampfgeschwindigkeit ist diese Struktur präsent. Auch bei einer vergleichenden Analyse der Sequenz 3 zwischen Hermann und Kathrin fallen die gleichen Unterschiede auf, wenn auch nicht so stark (vgl. Abbildung 66 und Abbildung 67).

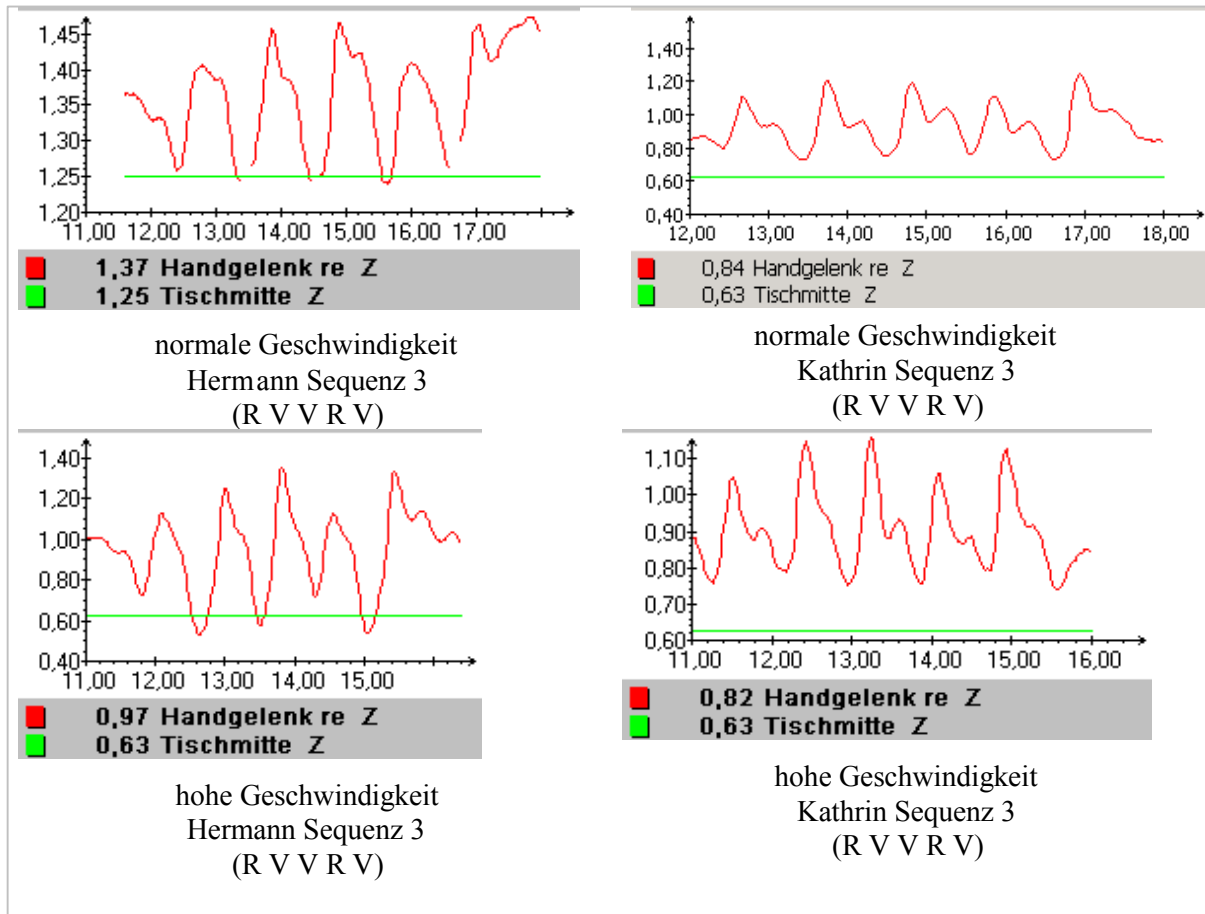


Abbildung 66: Vertikalbewegung des Handgelenks bei der Sequenz 3 mit Vorinformation und normaler (oben) und hoher Wettkampfgeschwindigkeit (unten). V = Vorhand, R = Rückhand (x-Achse Zeit in Sekunden, y-Achse Bewegung in Meter)

In der Abbildung ist gut zu erkennen, wie Kathrin bei Sequenz 3 besonders bei hoher Geschwindigkeit Ausholbewegungen weit über dem Tischniveau produziert und Unterschiede zwischen den Amplituden von Vorhand- und Rückhandschlägen reduziert.

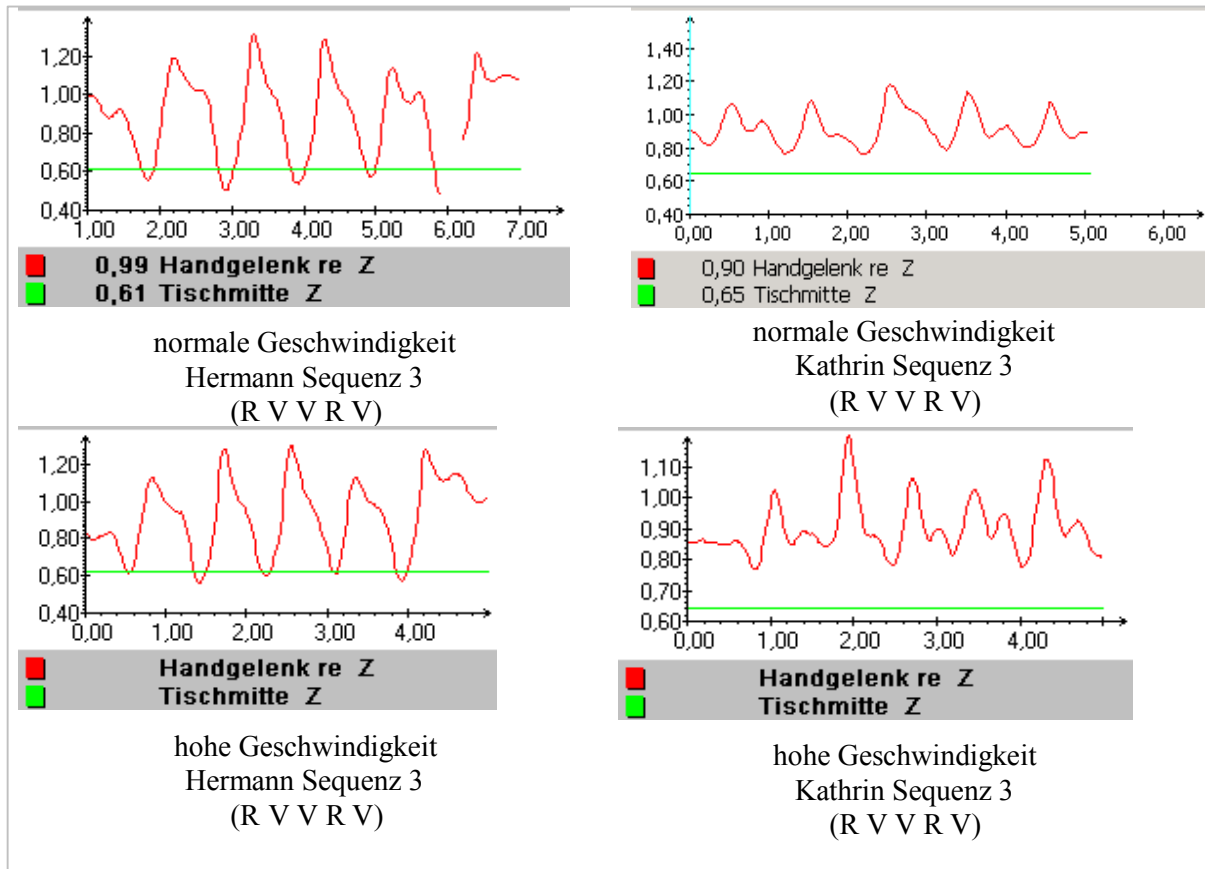


Abbildung 67: Vertikalbewegung des Handgelenks bei der Sequenz 3 ohne Vorinformation und normaler (oben) und hoher Wettkampfgeschwindigkeit (unten). V = Vorhand, R = Rückhand (x-Achse Zeit in Sekunden, y-Achse Bewegung in Meter)

Bei Sequenz 3 lässt sich ein ähnliches Verhaltensmuster feststellen. Während Hermann zwischen den Geschwindigkeits- und Sequenzmanipulationen wenig variiert, sind bei Kathrin deutliche Veränderungen feststellbar. Kathrin reduziert die Ausholbewegung bei hoher Geschwindigkeit, produziert Auf- und Abbewegungen bei den Übergängen und gleicht Rückhand- und Vorhandamplituden an.

Die Analyse der Bewegungen Hermanns und Kathrins zeigen, dass die Übergänge, die in der Intervallation Schwerpunkt sein sollen, verbessert werden müssen. Dazu sind im Gegensatz zur alleinigen Verbesserung der Schläge in der Intervention jetzt eine gezielte Rückmeldung über die Technikübergänge notwendig und aufgrund der Evaluation eine Technikoptimierung, die die Verbesserung der Technikübergänge priorisiert. Besonders Kathrins Übergänge bei hohen Geschwindigkeiten und unbekannter Reihenfolge der Schläge zeigten starke Bewegungsänderungen. Dem muss durch weitere geeignete Trainingsmaßnahmen entgegengewirkt werden.

8.7 Interventionskontrolle

Die Interventionskontrolle umfasst die Analyse kurz- und langfristiger Effekte, wie sie in den Fragestellungen am Anfang des Kapitels 1 formuliert worden sind. Für die Frage, ob kurzfristige Effekte nach einer Intervention nachweisbar sind, wurden in der ersten Phase Wettkampfkontrollen nach einem fünfwöchigen Technikoptimierungstraining realisiert. Für die Optimierung der Technikwechsel wurden nach der fünfwöchigen Intervention zum Technikwechsel erneut die Technikwechseltechniken im TTLT aufgenommen. Eine Analyse der Prä- und Posttestergebnisse zeigt die kurzfristigen Effekte auf. Die langfristigen Effekte werden durch die Wettkampfanalysen ausgewählter Spieler bei Wettkämpfen vor Ort oder bei nationalen und internationalen Wettkämpfen realisiert.

8.7.1 Wettkampfdiagnostik von Technikmerkmalen und Technikübergängen

Ebenso wie bei der Wettkampfdiagnostik von Techniken sind die zahlreichen situationalen und personalen Bedingungen als Einflussgrößen auf die Technikübergänge schwer konstant zu halten. Die Endergebnisse lassen zudem kaum Rückschlüsse auf den Anteil der Technikverbesserungen zu. Für die Technikübergänge erschwert sich das Problem auch noch dadurch, dass trotz der Analyse einzelner Punkte die technische Ursache von anderen taktischen, physischen oder psychischen Ursachen schwer zu trennen ist. Innerhalb der Bewegung ist auch schlecht zu erkennen, ob der Technikübergang oder die Schlagbewegung selbst den Fehler oder Erfolg besonders beeinflusst haben. Um die Bedingungen konstant zu halten, wurden dieselben Spielpaare aus der Intervention in derselben Halle unter denselben Wettkampfbedingungen getestet und die Ursachen für Punktgewinn oder Punktverlust wieder durch Expertenratings ermittelt.

8.7.1.1 Mittelfristige Effekte des Techniktrainings im Trainingswettkampf

Wie bei der Diagnostik der Techniken wird auch bei der Wettkampfdiagnostik die Turnierform gewählt (vgl. Kapitel 3.5). Die Turniere wurden, wie nach der Intervention der Technikoptimierung, so organisiert, dass Paare aus der Interventions- und Evaluationsgruppe gegeneinander spielen und die Trainer die Spieler einzeln bewerten. Die Trainer bewerten auf einer Skala zwischen 1 und 6 die Verbesserungen der Vorhand-Topspin- und der Rückhand-Konter-Techniken sowie den Bereich der Beinarbeit und der Technikübergänge. Eine sehr gute Leistungssteigerung wird mit 1, keine Leistungssteigerung mit 6 bewertet. Die folgenden Abbildungen zeigen die Ergebnisse der Wettkampfdiagnostik nach dem Technikwechsel-Treatment und vergleichen die Ergebnisse der Evaluationsstichprobe, die nur an dem normalen Training teilgenommen hat, mit der Treatmentgruppe.

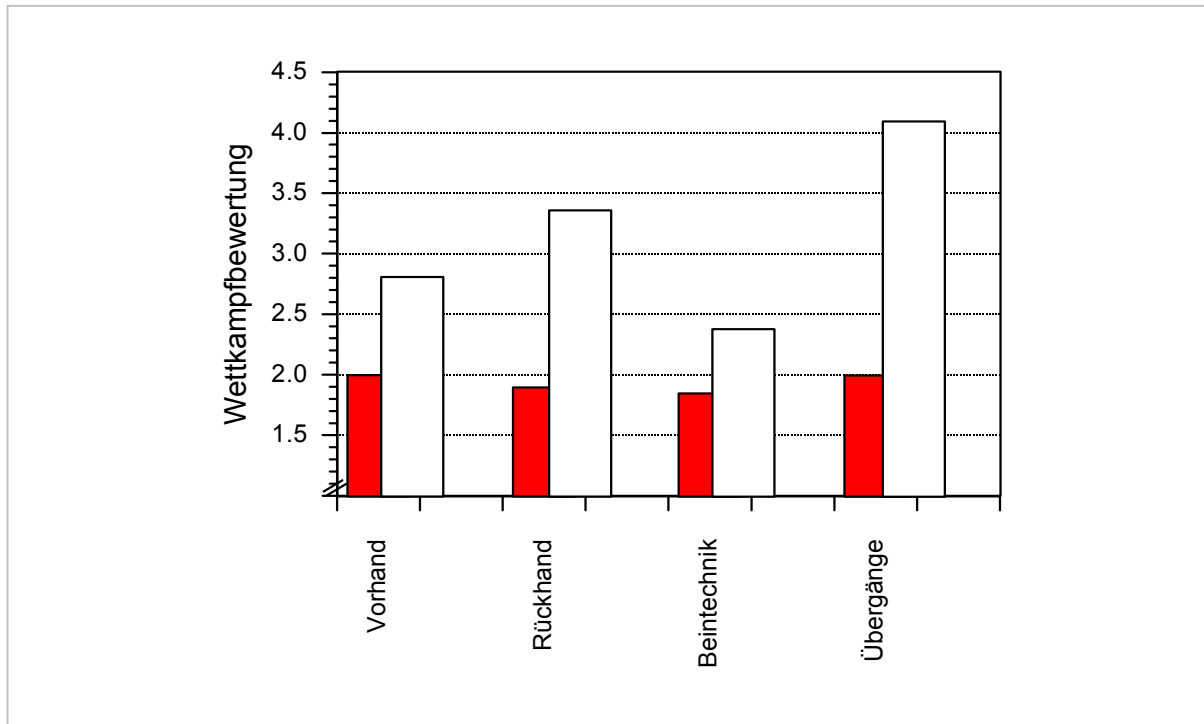


Abbildung 68: Wettkampfanalyse im Vergleich Intervulationsstichprobe (schwarz) mit Evaluationsstichprobe (weiß). Geringere Werte entsprechen einer besseren Leistung

Die Ergebnisse zeigen deutliche Verbesserungen der Intervulationsstichprobe im Vergleich zur trainierenden Evaluationsstichprobe. Die Effekte sind für alle vier Bewertungen signifikant (Vorhand: $F(1, 18) = 16.10$, $p < .05$; Rückhand: $F(1, 18) = 24.42$, $p < .01$; Beine: $F(1, 18) = 19.69$, $p < .01$; Technikwechsel: $F(1, 18) = 34.69$, $p < .01$). Die größten F-Werte sind bei den Übergängen zu verzeichnen, dem Hauptinhalt der Intervention. Da Wettkampfeinschätzungen der Trainer auch anteilig erwünscht sein können, wird bei der Rückmeldung nur auf die einzelnen Fälle eingegangen und werden die Bewegungs- und Trefferdatenveränderungen als Hauptinterpretationsquelle berücksichtigt. Beispielsweise erreicht Maïke aus der Intervulationsstichprobe mit einem Wert von drei nur eine durchschnittliche Note für die Verbesserungen der Technikübergänge. Diese nach dem Urteil der Trainer eher geringe Leistungsverbesserung entspricht weiterhin der Fehleranalyse bei den Bewegungen oder bei der Trefferleistung und kann nicht auf bekannte Einflussfaktoren, wie geringes Hallen- oder Videotraining zurückgeführt werden. Da Leistungsdiagnostiken immer nur Punktanalysen sein können, die den natürlichen Leistungsschwankungen eines Sportlers unterliegen, können Interpretationen allein auf der Grundlage von Wettkampfergebnissen nur bedingt vorgenommen werden. Die entscheidende Analyse besteht darin, die langfristigen Leistungsverbesserungen während einer Reihe von Wettkämpfen individuell zu verfolgen und sie mit den für den Sportler systematischen Leistungsschwankungen in Beziehung zu setzen. Exemplarisch wird an unserem Einzelfall Hermann das Vorgehen gezeigt.

8.7.1.2. Langfristige Effekte des Techniktrainings im Wettkampf

Zur langfristigen Wettkampfdiagnostik wurden die Videoanalysen, die routinemäßig im Tischtennisleistungszentrum angefertigt werden, herangezogen. Hermann wurde bei verschiedenen Spielen wie Ranglistenspielen, offenen Turnieren oder Trainingsturnieren mit verschiedenen Gegnern gefilmt. Zwei unabhängige Tischtennisexperten analysierten anschließend

seine Fehler und teilten sie in verschiedene Kategorien ein. Zum Vergleich wurde von dem Spieler Alexander, der nicht am Technikwechsel-Treatment teilgenommen hatte und von den Trainern als in etwa gleich spielstark eingeschätzt wurde, ein Fehlerprofil erstellt. Die Stichprobe der beiden Spieler beinhaltete die Videoanalyse von sechs Spielen aus internationalen Wettkämpfen und Trainingsspielen. Für jeden Spieler wurden maximal 139 Bälle ausgewertet. Vor der Darstellung der Ergebnisse wurde noch einmal der exemplarische Charakter dieses Vergleiches unterstrichen: die geringe Zahl von sechs Spielen, die Abhängigkeit der Leistung von spezifischen Gegnern und die Zuordnung von Fehlern als Technikwechselfehler. Auch die Definition des Übergangsfehlers wurde von den Experten vorgegeben. Demnach beging der Spieler einen Übergangsfehler, wenn er nach einem Schlag für den nächsten falsch zum Ball stand, nur eine kurze Ausholbewegung zeigte oder den Ball nicht mehr rechtzeitig traf. Die Ursache für diese Fehler sind jedoch nicht ausschließlich der Übergangstechnik zuzuschreiben. Deshalb kann auch, wie bereits in Kapitel 1 erläutert, mit solchen Beobachtungen keine Ursachenforschung betrieben werden, warum die Reaktionszeit zu lang war, ob Fehler in der Beinarbeit vorlagen, der Spieler auf Täuschungen des Gegners reagierte oder taktische Stellungsfehler beging, ist nicht zu klären. Die Punkte- und Fehlerverteilung (in Prozenten) wird demnach zunächst für die einzelnen Techniken dargestellt. Auf die Darstellung von spielspezifischen Analysen und Gesamtergebnissen wird aufgrund der in Phase II der Evaluation geführten Diskussion verzichtet.

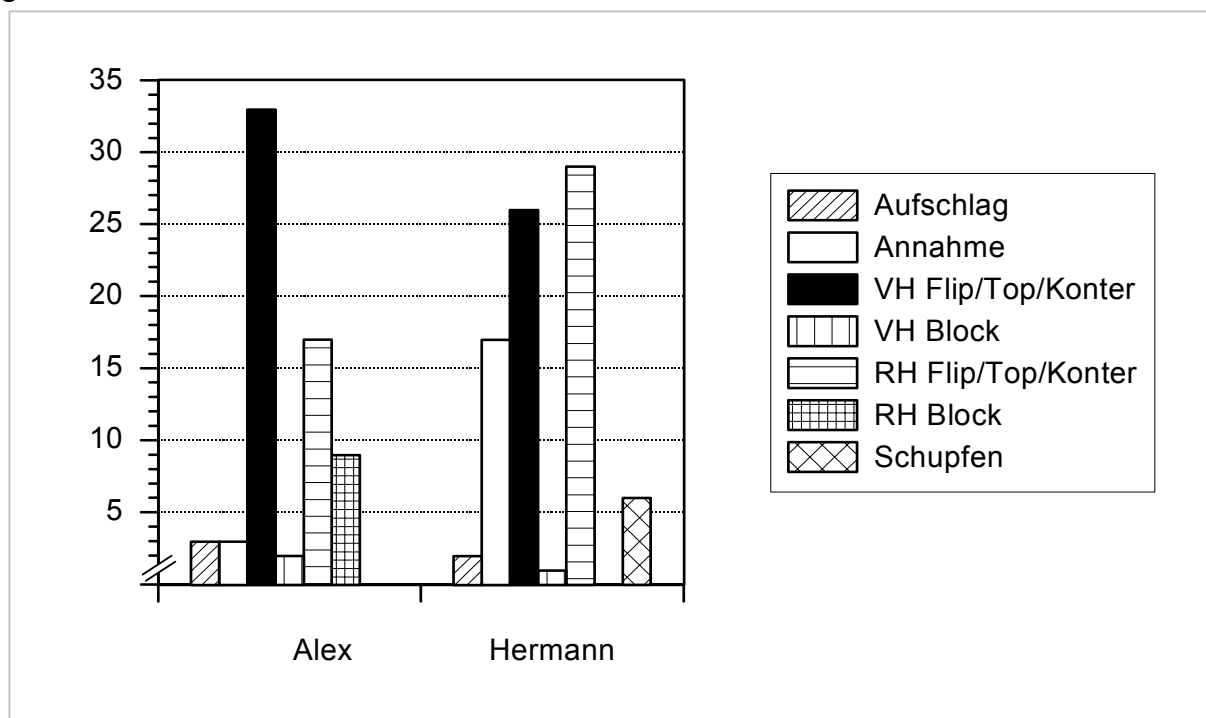


Abbildung 69: Fehlerverteilung (Anzahl der Fehler) für die einzelnen Situationen (VH = Vorhand, RH = Rückhand)

Alexander zeigt mehr Fehler im Aufschlag und weniger Fehler in der Annahme des Aufschlages. Relevanter für unsere Fragestellung ist die Fehlerverteilung für die einzelnen Angriffstechniken. Hier zeigen sich deutlich mehr Fehler bei Alexander bei Vorhandschlägen (Flip, Topspin, Konter) und weniger Fehler bei den Rückhandschlägen (Flip, Topspin, Konter, Schupfen).

Bei der Frage, mit welcher Technik Hermann und Alexander die meisten Punkte erzielen, zeigt ein Blick auf die prozentuale Punkteverteilung in Abbildung 70, wie für Angriffsspieler dieser

Altersgruppe üblich, recht hohe Punktzahlen (im Vergleich zum nationalen Durchschnitt in dieser Altersklasse) durch den Aufschlag und die Vorhandschläge.

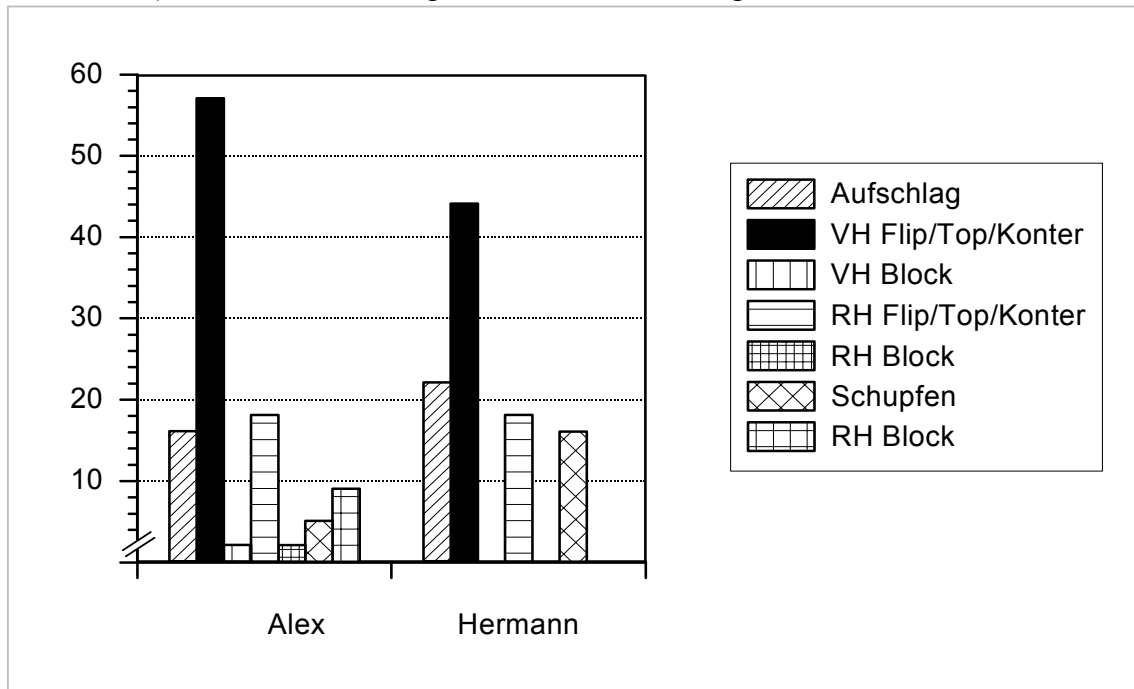


Abbildung 70: Punkteverteilung (Anzahl der Punkte) für die einzelnen Situationen (VH = Vorhand, RH = Rückhand)

Nimmt man alle Fehler, die die Experten auf Technikübergänge zurückführen, aus den einzelnen Techniken heraus und stellt den Anteil an der Gesamtfehlerzahl dar, so zeigt Abbildung 71, dass Alexander in etwa doppelt so viele Übergangsfehler wie Hermann begeht.

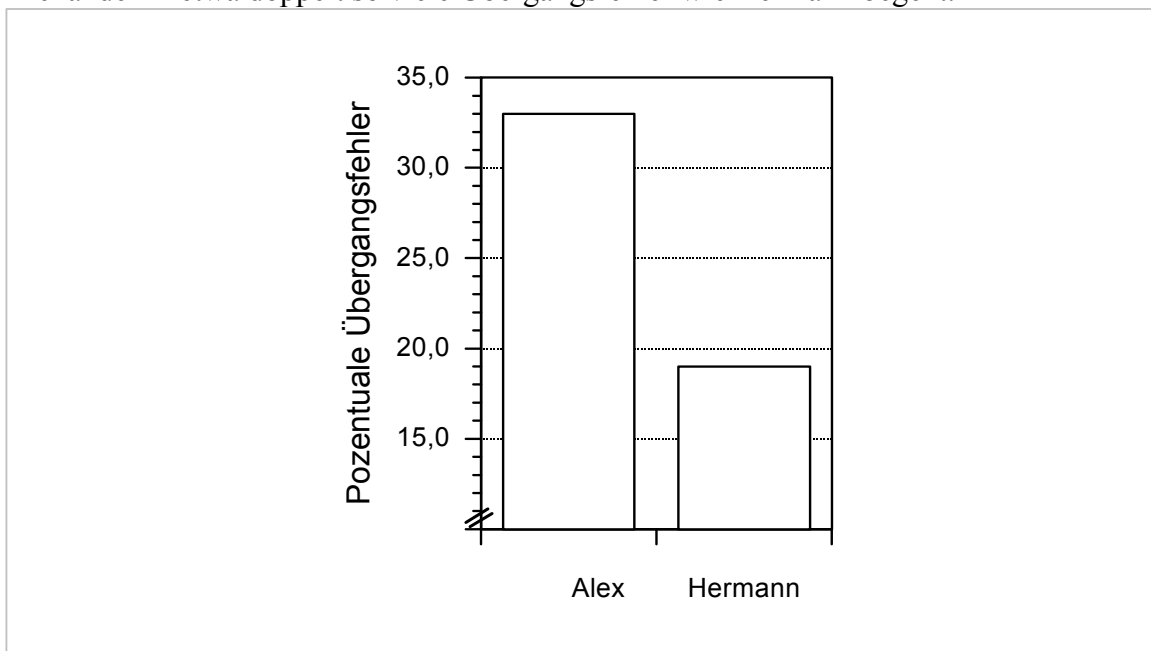


Abbildung 71: Prozentuale Fehlerverteilung bei Technikübergängen

Aufgrund der erwähnten Einwände gegenüber solchen Analysen, sollten diese Befunde nicht überinterpretiert werden. Die exemplarischen Analysen zeigen jedoch, wie Trainer und Sportler

mit diesen Informationen langfristige Effekte eines Technikübergangstrainings abschätzen können. Eine hier nicht dargestellte, da nur für den Individualfall geltende Analyse der Übergangsfehler kann zusätzlich aufklären, bei welchen Technikübergängen die meisten Fehler auftreten. Durch besondere Übungen können solche situations- und technikspezifischen Fehler reduziert werden.

8.7.2 Zusammenfassung der Effekte des Technikwechseltrainings

Die Ergebnisse der mittel- und langfristigen Wettkampfanalysen bestätigen, dass die Analysen des TTLT und der damit einhergehenden Bewegungs- und Trefferanalysen zu Leistungsentwicklungen führen können, weil sie den Technikwechsel verbessern. Einige kritische Bemerkungen sind jedoch angebracht. Die Bewertung der Trainer in den mittelfristigen Analysen ist wegen ihres Wissens um das Projektziel und der möglicherweise gewünschten Bestätigung ihrer Trainingsziele subjektiv und kann daher nur bedingt interpretiert werden. Andererseits zeigen die individuellen Analysen, dass die Trainer durchaus unterscheiden. So schreiben sie Maie nur geringe Entwicklungen zu, eine Einschätzung, die mit den Ergebnissen des TTLT übereinstimmt. Um trotz solcher kurzfristigen und subjektiven Beurteilungen eine systematische und langfristige Analyse erstellen zu können, wurden in den langfristigen Wettkampfanalysen nur Videodaten benutzt und von unabhängigen Experten beurteilt. Auch hier deckt sich das Ergebnis mit den gemessenen Entwicklungen im TTLT und kann zumindest bei aller Abhängigkeit solcher Ergebnisse von den entsprechenden Gegnern, Situationen und weiteren Faktoren zumindest teilweise als Bestätigung des durchgeführten Programms gewertet werden. Die exemplarisch im Training und im Wettkampf durchgeführten Fehleranalysen, die auf die Technik selbst oder auf die Technikübergänge zurückzuführen sind, dienten vor allem dazu, die TTLT-Ergebnisse extern zu validieren und aufzuzeigen, wie Trainer, die keine aufwendigen Analysemethoden einsetzen können, ansatzweise Verbesserungen bewerten. Eine detailliertere Betrachtung und Bewertung des gesamten Programms wird im Folgenden durchgeführt.

8.8 Summative Evaluation

Die summative Evaluation dient in diesem Projekt der Bewertung der Programmwirksamkeit im Sinne des Ergebnisses oder des Erfolgs, während die formative Evaluation den Schwerpunkt auf die Prozessevaluation legt. Summative Evaluationen können analytisch oder global (vgl. Mittag & Hager, 2000) durchgeführt werden. Die analytisch-summative Evaluation berücksichtigt die Merkmale der Inventoren und Spieler, differenziert die einzelnen Wirkungen des Programms und sucht nach weiteren Fragestellungen und Hypothesen. Die global-summative Evaluation fokussiert vor allem die globalen kurz- und langfristigen Verbesserungen und den Transfer auf Alltagsprozesse (im Sport auf die Wettkampfleistung). Im Folgenden werden auf der Grundlage der Ziele der Intervention (vgl. Kapitel 8) nur die global-summative Evaluation und die dafür nötigen Aufgaben und Arbeitsschritte im Rahmen von Wirksamkeitsanalysen verfolgt. Aufgrund des quasi-experimentellen Charakters der Intervention wird auf die Analyse spezifischer Wirkmechanismen einzelner Interventionsschritte und -phasen verzichtet und nur über die globalen Effekte der Programmwirksamkeit und der Programmeffizienz berichtet.

8.8.1 Programmwirksamkeit

Die Programmwirksamkeit muss intendierte Programmwirkungen von Neben- und Folgewirkungen trennen sowie nicht-programmspezifische Veränderungen davon abgrenzen. Dies wird zum einen dadurch erreicht, dass eine „trainierende Kontrollgruppe“ aus der selben Stichprobe das gemeinsame Training absolviert, während für die „Interventionsgruppe“ auf der Grundlage der TTLT-Analysen spezifische Übungen zugeschnitten werden. Bei gleichem

Übungsumfang und Trainingsziel variiert nur die individuelle Übungsgestaltung. Neben- und Folgewirkungen werden durch das Zwei-Phasen-Programm der Intervention sichtbar. Änderungen im Training der einzelnen Techniken sollten Einfluss auf die Technikwechsel haben, wie auch das Training von Technikwechseln Einfluss auf die einzelnen Techniken haben kann. Die summative Evaluation wird Aufschluss darüber geben, ob diese Neben- und Folgewirkungen positiver, negativer oder neutraler Natur sind. Die Trainingskontrolle und die Trainingsdokumentation werden zusätzlich zeigen, wann nicht-programmspezifische Veränderungen eher interventionsabhängig oder interventionsunabhängig sind. Die Programmwirksamkeit wird Schwerpunkt der summativen Evaluation sein, da im Leistungssport selbst kleine Wirkungen relevant sind (vgl. Gould et al., 1991). Dies muss jedoch unter Berücksichtigung der Kosten erfolgen, was eine Berechnung der Programmeffizienz erfordert (vgl. Kapitel 8.4.2).

Intendierte Programmwirkungen, Neben- und Folgewirkungen

Treatment- versus Evaluationsstichprobe

Die Treatmentstichprobe konnte sich kurzfristig sowohl bei den Treffern als auch in der Bewegungsanalyse bei der Technikoptimierung und den Technikübergängen verbessern. Mittel- und langfristige Effekte sind erwartungsgemäß schwächer, in den Wettkampfanalysen jedoch ebenfalls nachweisbar. Um interventionsabhängige von interventionsunabhängigen Effekten zu unterscheiden, wurde die Trainingsgruppe leistungshomogen durch die Trainerbeurteilung halbiert und das Technikwechseltraining sowie die Diagnostik der Technikwechseltechnik ebenfalls nur bei einer Hälfte der Gesamtstichprobe durchgeführt. Die Ergebnisse der Trainerbewertungen sprechen für eine deutliche Verbesserung der Treatmentgruppe gegenüber der Evaluationsstichprobe. Für die positiven Bewertungen der Trainer können jedoch eine Reihe von Gründen maßgebend sein. Beispielsweise kann allein der Glaube an die Effektivität des durchgeführten Treatments zu höheren Bewertungen führen. Ebenso können bewusst oder unbewusst höhere Zuwendung der Trainer zu den Spielern der Treatmentgruppe bessere Leistungen bewirkt haben. Der Selektionseffekt und die Zugehörigkeit zur Treatmentgruppe können auf der anderen Seite bei den Treatmentteilnehmern zu höherer Motivation geführt haben. Durch jeden dieser Faktoren, eine Kombination dieser Faktoren oder weitere interventionsunabhängige Einflüsse kann das Ergebnismuster falsch interpretiert werden. Die Faktoren sind im Rahmen solcher Interventionsstudien auch nur zum Teil kontrollierbar. Um sich zumindest hinsichtlich möglicher Nebeneffekte während des Treatments abzusichern, wurden die in der Trainingsdokumentation gesammelten und relevanten Daten in einer stufenweisen linearen Regressionsanalyse für die Trefferleistungen berechnet. Insgesamt wurden die Anzahl der jeweils gespielten Übungen (Stufe 1), der Trainingsumfang, der Anteil des Techniktrainings am Gesamttraining (Stufe 2), die Anzahl der Video-Rückmeldungseinheiten mit und ohne Trainer (Stufe 3) und das Trainingsalter (Stufe 4) verwandt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Übung 2 sowie das Videotraining ohne Trainer zu einem signifikanten Regressionsmodell mit zwei Prädiktoren führen. Nicht verwunderlich sind also hohe Trainingsumfänge von Übungen oder von Videotraining mitverantwortlich für gute Trefferleistungen. Auch für die Erklärung des Einflusses der Trainingsgestaltung auf die Bewertung der Bewegungsverbesserungen (als Rating von den Experten) konnte der Anteil des Techniktrainings am Gesamttraining sowie wiederum das Videotraining ohne Trainer in einem Regressionsmodell (gleiches Verfahren wie bei den Treffern) gefunden werden. Der somit wichtige Anteil des Videotrainings sowohl für die Treffer- als auch Bewegungsverbesserungen ist als Signal für weitere Interventionen in der Verbreitung der Ergebnisse zu akzentuieren. Festzuhalten bleibt aber, dass sowohl in der Diagnostik als auch in den Expertenratings sowie den Wettkampfbeobachtungen ganz spezifische Effekte gefunden wurden, die auf die eingesetzten Trainingsmethoden zurückzuführen sind. Eine zentrale Forderung aus diesen Befunden bezieht sich auf die differenziertere Gestaltung von Übungen, die

auf der Diagnostik beruhen. Ein wichtiger Punkt in der Kontrolle der interventionsunabhängigen Effekte sind die Trainingskontrollen und die Trainingsdokumentation.

Trainingskontrollen und Trainingsdokumentation

Durch die Trainingskontrollen einmal in der Woche im Bundesleistungszentrum konnten die geplanten Programme mit den durchgeführten Programmen verglichen werden. Um die Spieler beim täglichen Training zu kontrollieren, wurde zusätzlich eine Trainingsdokumentation durch das Trainingstagebuch realisiert. Einzelne Leistungsverbesserungen können somit auf ein besonderes Training zurückgeführt werden. An dem exemplarischen Einzelfall Hermann sei dies erläutert. Im Mittel hat die Treatmentgruppe beim Technikwechseltraining die Technikwechselübung Nummer 2 genau 13,33-mal während des Treatments gespielt, Hermann dagegen 22-mal und erreichte damit für diese Übung den höchsten Wert (vgl. Kapitel 3.5 für den varianzaufklärenden Anteil der Übung an den Trefferleistungen). Übung Nummer 2 und Übung Nummer 8 gehörten aber auch zu den Übungen, die er am häufigsten trainierte. Die höchste Standardabweichung von Übung 2 im Vergleich zu den anderen Übungen in Höhe von 8.08 kann unter anderem mit solchen individuellen Leistungsvariationen erklärt werden. Reine Treatmentmittelwertaussagen sind also nicht repräsentativ für den Einzelfall. Die Rückführung einzelner Leistungsverbesserungen bei den Treffern und der Bewegung sowie im Wettkampf konnte mit diesen Daten verglichen werden und zu plausiblen Erklärungen führen. Dies gilt auch für das Videotraining, das als Prädiktor in der Regressionsanalyse einen Anteil zur Aufklärung von Trefferleistungsdifferenzen beiträgt. Die Generalisierung über den Einzelfall wird in diesem Kapitel angestrebt und dient der Zusammenstellung aller Effekte der Diagnostik und Intervention auf allgemein methodischer Ebene und der Ebene der Übungsauswahl.

Zusammenfassung der Programmwirksamkeit

Die Programmwirksamkeit wurde nur auf den Erfolg hinsichtlich der Technikoptimierung beurteilt. Die Treatmentwirksamkeit wurde im Hinblick auf eine auf gleichem Leistungsniveau trainierende Trainingsgruppe als vorteilhaft befunden und hebt sich damit von früheren Untersuchungen ab, die nicht trainierende Kontrollgruppen benutzten (vgl. Kapitel 4). Positive Wirkungen wurden vor allem für die Trainingsdokumentation und die Trainingskontrollen festgestellt. Es ist zu wünschen, dass sich über das Projekt hinaus langfristig weitere Abnehmer im Tischtennis finden werden. Die Bedeutung der Befunde über den Tischtennissport hinaus wird zudem abschließend dargestellt.

8.8.2 Programmeffizienz

Die Programmeffizienz erfordert die Trennung in Kosten-Nutzen- und Kosten-Effektivitäts-Analysen. Sie ist nicht leicht zu bestimmen, da in diesem Projekt einerseits Pionierarbeit zur Diagnostik und zum Training von Technikwechseln geleistet wird und damit der Aufwand vergleichsweise sehr hoch liegt und andererseits das Projekt durch die Zusammenarbeit verschiedener Institutionen mit eigenen Ressourcen nur schwer kalkulierbar ist, auch wenn die offizielle Zuweisung des BISp von rund 14.000 Euro als Referenzgröße genommen werden kann. Die Arbeitsschritte im Rahmen der Kosten-Effizienz-Analysen sind dementsprechend schwer in Geldwerte zu übertragen. Dazu gehören die Erfassung aller Programmkosten und Programmwirkungen, die Bestimmung der Gesamtkosten in Geldeinheiten, die Bestimmung des Gesamtnutzens in Geldeinheiten (Kosten-Nutzen-Analyse) und die Bestimmung der Gesamtwirkung in Geldeinheiten (Kosten-Effektivitäts-Analysen). Die verschiedenen Bestimmungen der Programmeffizienz wurden einer ausführlichen Nützlichkeitsprüfung für die Zielsetzung des Projektes unterzogen (vgl. Amelang & Zielinsky, 1997, für einen Überblick). Die geforderten Schätzungen zur Berechnung des Nutzens für den einzelnen Probanden sind deshalb schwer zu erarbeiten. Die Streuung der erwarteten Nutzenwerte und die Korrelation zwischen

Prädiktor und Kriterium sind aus einer Grundgesamtheit vor der Testanwendung ebenfalls aufgrund der Anlage des Projektes nicht realisierbar. Auch Testtrennwerte und Selektionsraten sowie a-priori-Nutzen-Kalküle sind nur schwer zu entwickeln. Bislang sind der Nettonutzen für den einzelnen Spieler und für das Projekt sowie die Kosten pro erfolgreich behandeltem Spieler die Variablen, nach denen die Analysen durchgeführt werden sollen. Der Netto-Nutzen kann nach Cronbach und Gleser (1965) berechnet werden. Er kann für die im Leistungssport geforderten Leistungsverbesserungen unter den durchgeführten Bedingungen auch als gerechtfertigt angesehen werden. Eine Entscheidung darüber, ob dieses Treatment einer Kosten-Effektivitätsanalyse betriebswirtschaftlicher Standards standhält, ist nur schwer möglich und steht außerhalb der Forschungsfragen des Projektes.

Zentral im Interesse des Anwendungsschwerpunktes dieses Projektes sind die individuellen Leistungsprognosen. Sie wurden auf der Grundlage der geplanten Veränderungen im Technikwechsel gegeben und mit den langfristigen Leistungsverbesserungen im Wettkampf verglichen (vgl. Schlicht, 1988; Wendland, 1986). Wie exemplarisch bei Hermann dargestellt, ist die alleinige Rückführung auf die Effekte der Diagnostik und des daraus resultierenden Treatments nur bedingt möglich.

Für die weitere Diagnostik bleibt abzuwarten, inwiefern die Ergebnisse der kinematischen Analyse mit „Simi-Motion“ überhaupt einen Beitrag zum Problem des Trainings für Technikübergänge leisten können. Nach jetzigem Stand ist ein sehr hoher Zeitaufwand erforderlich, um an Informationen über die Bewegungen zu gelangen, die über diejenigen, die man durch reine Beobachtung (zum Beispiel per Video in Zeitlupe) erhält, hinausgehen. Bei der erneuten Durchführung des TTLT bieten sich eine verkürzte Form und eine reduzierte Auswertung an.

Der Zeitaufwand für die Durchführung (circa 60 Minuten pro Spieler) ist in den Stützpunkten unter Umständen zu leisten. Zu bedenken ist aber auch, dass es eines erfahrenen Trainers zum Einspielen der Bälle bedarf.

Die Auswertung (8 Stunden pro Spieler für die Trefferleistungen, etwa 100 Stunden pro Spieler für eine komplette Auswertung aller 16 Sequenzen in „Simi-Motion“) ist jedoch viel zu zeitaufwendig. Die Verbesserung der technischen Möglichkeiten von „Simi-Motion“ oder anderer Bilddigitalisierungssoftware im Bereich der Digitalisierung würde diesen Aufwand um ein Vielfaches reduzieren. Damit stünden die hervorragenden Möglichkeiten der Diagnostik in einem sehr viel besseren Verhältnis zur Auswertung. Im Vergleich zum üblichen Videoeinsatz gelingt eine deutliche Verbesserung der Auswertung, wenn eine höhere Aufnahmefrequenz benutzt wird. Beispielsweise werden Empfehlungen in Kapitel 9.2 zur motorischen Kontrolle bei Tischtennisbewegungen exemplarisch an Aufnahmen diskutiert, die mit 250Hz durchgeführt wurden (vgl. Raab & Bert, in Vorbereitung).

Im letzten Kapitel sollen die Erfahrungen des Projektes genutzt werden, um die Ergebnisse für andere Anwendungsgruppen in und außerhalb des DTTB nutzbar zu machen. Eine Generalisierung der Konsequenzen und eine Reduzierung der diagnostischen Empfehlungen ist unvermeidlich, ermöglicht jedoch, dass die Erfahrungen auf Lehrpläne, Trainerfortbildungen und die Praxis außerhalb von Bundesleistungszentren übertragbar sind.

Im Kapitel zur Evaluation wurde gefordert, dass nach dem Ende der Durchführung eines Programms die Ergebnisse bekannt gegeben werden sollen. Für die Sportwissenschaft sind uns keine Richtlinien über die Vorgehensweise bekannt. Dieser auch Dissimilation genannte Schritt wird deshalb, wie auch in anderen Bereichen üblich, über Veröffentlichungen realisiert. So werden dem Teilnehmer, den Trainern und dem DTTB-Lehrausschuss schriftliche Kurzfassungen des Abschlussberichtes zugeschickt, außerdem wird dem DTTB angeboten, Ergebnisse des Programms in die Trainerausbildung, den Lehrplan oder weitere Informationsverteiler des DTTB einfließen zu lassen. Um die nationale und internationale Öffentlichkeit auf die Ergebnisse

aufmerksam zu machen, werden über die deutsche Sportwissenschaft-Mailingliste Informationen verschickt und bei den entsprechenden nationalen und internationalen Zeitschriften Artikel eingereicht.

Die folgenden Kapitel zeigen die Konsequenzen aus dem Forschungsprogramm für den theoretischen, methodologischen und praktischen Bereich.

9. Schlussfolgerungen

9.1 Methodologische Konsequenzen

Das Projekt Techniktraining im Tischtennis entwickelte zwei Konzepte, die methodologisch, auch über das Projekt hinaus, für andere Fragestellungen angepasst werden können. Die erste Phase beschrieb, wie Probleme aus der Praxis mit der Praxis gelöst werden können. Anstatt Trainerwissen aus der Praxis zu extrahieren und dann wissenschaftlich zu verarbeiten, wurden Probleme der Praxis unter ständiger und gleichwertiger Partnerschaft zwischen Inventoren und Evaluatoren beschrieben, spezifiziert und gelöst. Dieses Vorgehen ist in der prozessbegleitenden Trainings- und Wettkampfforschung nicht neu (vgl. Lames, 1999). Der hier beschriebene formative und summative Evaluationsprozess wurde unseres Erachtens bei anderen Projekten jedoch nicht explizit vor dem Start der Intervention mitgeplant und so umfangreich geprüft. Zudem wurde dem üblichen Verfahren isolierter Interventionen und Evaluationen eine dritte Phase, die Intervulation, angeschlossen, die über die einfache Kombination von Intervention und Evaluation hinausgeht. Diese Phase nutzt die Erfahrungen der einzelfallanalytischen Technikoptimierungen und deren Bewertungen, um diese Verbesserungen direkt zur Optimierung der Technikübergänge anzuwenden. Die Intervulation wird im Folgenden allgemeiner dargestellt, um die Übertragung auf andere Praxisprobleme oder Sportarten zu erleichtern.

Das Konzept Intervulation setzt voraus, dass in der jeweiligen Sportart Leitlinien über die Erfahrungen der Intervention und der Evaluation existieren. Aus der Sicht der Inventoren sind diese, was die Intervention betrifft und teilweise was die Selbstevaluation beziehungsweise die nach Leistungskriterien stattfindende Fremdevaluation betrifft, immer gegeben. Bei der sportwissenschaftlich (drittmittelfinanzierten) Projektforschung ist das nicht immer der Fall. Zu oft gehen die in Projekten erworbenen Fähigkeiten und Fertigkeiten von kurzfristig gebundenen Mitarbeitern und projektbezogenen Arbeitsgruppen verloren. Intervulation erfordert bei den Institutionen eine langfristige Bereitschaft, mit zumindest mittelfristig gebundenen Personen zusammenzuarbeiten. Die drei Basissäulen der Intervulation bestehen aus den unabhängigen Inventoren und Evaluatoren, aus den Vorerfahrungen von Intervention und Evaluation und aus dem Ziel, normative Aussagen zu treffen. Die drei Bereiche werden im Rahmen von Leitlinien präsentiert.

9.1.1 Unabhängige Inventoren und Evaluatoren

Intervulationen erfordern unabhängige Inventoren und Evaluatoren, weil Inventoren am Erfolg gemessen werden. Ihre Trainerphilosophie und der Glaube an die eigene Kompetenz sind zentrale Voraussetzungen, um Sportlern die Techniken überzeugend zu vermitteln. Diese Voraussetzungen verhindern aber zugleich eine distanzierte und kritische Bewertung des Interventionsgeschehens. Evaluatoren leisten kritische Bewertungen, sind jedoch nicht immer mit den Prinzipien, Regeln und sozialen Normen der entsprechenden Sportart oder des Leistungssports vertraut. Die erste Forderung lautet deshalb, dass Inventoren und Evaluatoren die folgenden günstigen Voraussetzungen mitbringen, die die verschiedenen Funktionen (siehe auch Abbildung 46) spiegeln.

Tabelle 26: Günstige Voraussetzungen von Inventoren und Evaluatoren

Bereich der Voraussetzung	Inventoren	Evaluatoren
---------------------------	------------	-------------

Ziele	Interesse an normativen Aussagen über die betreuten Sportler hinaus	Wissen um Kontext für Machbarkeitsanalysen der Zielexplication
Ist-Soll Diskrepanz	Beschreibung von individualisierten und messbaren Technikleitbildern	Wissen um sportartspezifische Messung von Techniken
Bewertung von Handlungsalternativen	Bereitschaft zu messbaren Zusammenhangsanalysen zwischen Technik und Ergebnis	Wissen um Bewertungsmethoden (zum Beispiel Szenario-Methode)
Handlungsausführung/-kontrolle	Bereitschaft von formalisierter Trainingsdokumentation und Trainingskontrolle	Methoden der Interventionsgenerierung und -kontrolle (zum Beispiel Delphi-Methode)
Ergebnis/Folgen	Akzeptanz von erwartungsinkonsistenten Ergebnissen	Angepasste Ergebnisdarstellung an Bedürfnisse von Trainern, Sportlern, Funktionären
Folgenbewertung	Quantifizierung der Ergebnisse in Interventionsumfänge, Umlern- und Überlernangaben	Methodisches Wissen für Kosten-Nutzen-Abschätzungen

Obwohl viele der in der Tabelle enthaltenen Voraussetzungen sehr allgemein formuliert sind und deren Nutzen offensichtlich ist, sind alle Kriterien zum Teil schwer zu erfüllen. Beispielsweise sind nicht alle Bundestrainer bereit, über das normale Training hinaus Zeit zu investieren, weil zumeist zeitaufwendige Bewertungen, Analysen und Sitzungen stattfinden, in denen Abschätzungen verlangt werden, die meist unsicher sind. Evaluatoren, die mit den Evaluationsstandards und mit den Evaluationsmethoden vertraut sind und darüber hinaus sportartspezifisches Wissen mitbringen, gibt es auf der anderen Seite selten.

9.1.2 Vorerfahrungen in Intervention und Evaluation

Das in diesem Projekt verfolgte Drei-Phasen-Konzept beinhaltet vor der Realisierung des Hauptziels (die Technikoptimierung der Übergänge) die systematische Sammlung von Erfahrungen in Intervention und Evaluation. Dies bedeutete, dass bereits zu Beginn der wissenschaftlichen Begleitung von Training und Wettkampf eine Übereinkunft getroffen werden musste, wie Erfahrungen in Interventionen transparent gemacht und anschließend bewertet werden sollen. Konsequenterweise bedeutet das, dass bereits mit der Konzeption der Intervention die Evaluation geplant wird. Alle Beteiligten müssen deshalb Kompromisse eingehen, wie sie beispielsweise in diesem Projekt bei der Evaluationsstichprobenbildung, der Verschiebung des Hauptziels durch Voruntersuchungen, langfristige Entwicklungen von Diagnostikinstrumenten beschrieben worden sind. Diese Art der Intervention entspricht nicht den üblichen Bedürfnissen und Anforderungen eines Trainings im Leistungssport. Eine kritische Prüfung der Interventionsteile und die Abschätzung von Veränderungen, wenn Erwartungen nicht erfüllt werden, gehörten nicht in den Praxisalltag und bedürfen einer Reihe von Kompromissen. Damit jedoch besonders in Zeiten von Veränderungen, wie sie der Tischtennisport in Deutschland aktuell erfährt, daraus profitiert werden kann, sind folgende Kriterien an Vorerfahrungen in Intervention und Evaluation zu stellen (vgl. Tabelle 27).

Tabelle 27: Kriterien zur Systematisierung der Vorerfahrungen in Intervention und Evaluation

Kriterium	Intervention	Evaluation
Planung von Programminhalten	Berücksichtigung von Evaluationsinhalten	Planung der formativen und summativen Evaluation vor dem Beginn der Intervention
Durchführung von Programminhalten	Transparenz der Durchführung und prozessbegleitende Evaluation	Kontinuierliche prozessbegleitende Evaluation vor Ort sowie Anpassungen der Formalisierungen
Dokumentation von	Systematische und formalisierte	Akzeptanz für Veränderungen der

Programminhalten	Durchführung von Dokumentation und Kontrolle	Dokumentation während der formativen Evaluation
Bewertung von Vorerfahrungen	Beschreibung aller Schritte der Intervention vor Durchführung der Ist-Soll-Analysen	Quantitative Analysen aller Vorerfahrungen durch Moderatorengespräche und kommunikative Validierung

Die in der Tabelle dargestellten Kriterien, die die über die kurzfristigen Ziele hinausgehenden Belastungen für alle Beteiligten darstellen, ermöglichen eine Basis für die Intervulation.

9.1.3 Normative Zielsetzungen für Intervulationen

Die Beschreibung von normativen Zielsetzungen ist die dritte Säule der Intervulation. Bei der Einordnung des Forschungsprogramms in den Bereich der technologischen Theorien mit der Zielsetzung, die globale Wirkung von Interventionen als Norm zu erheben, wurde besonders Wert darauf gelegt, die Sportwissenschaft von der Sportpraxis abzugrenzen. So kann zum Beispiel die institutionalisierte wissenschaftliche Trainings- und Wettkampfdiagnostik des Instituts für Angewandte Trainingswissenschaft in Leipzig nicht in die hier dargestellte Intervulationssystematik subsummiert werden, weil das IAT z. B. in der Arbeitsgruppe Sportspiele die Aufgabe hat, Wettkämpfe zu dokumentieren, zu analysieren und diese Ergebnisse an die entsprechenden Abnehmer zurückzumelden. Dies muss mannschaftsspezifisch, gegnerspezifisch und unmittelbar erfolgen. Auch universitäre Drittmittelprojekte, die theoriegeleitet Wirkmechanismen von Interventionen ergründen, sind nicht in die Abteilung von Intervulationsstudien einzuordnen. Aus den Kriterien normativer Zielsetzungen der Intervulation können Interventions- und Evaluationsstrategien entwickelt werden, die Aussagen zu den Bereichen des Technikleitbildes, der Leistungsdiagnostik für das Training und den Wettkampf, der Trainingsdokumentation sowie der Übungsauswahl erlauben. Im Folgenden werden die theoretischen und praktischen Konsequenzen der durchgeführten Intervulation im Tischtennis vorgestellt.

9.2 Theoretische Konsequenzen für die Steuerung von schnellen Bewegungen

Aus den Befunden der Intervention und Intervulation sind die folgenden zwei Dinge über den Tischtennissport hinaus von Bedeutung: Zum Einen, inwieweit die Befunde der TLTT-Analysen zu typischen Annahmen in motorischen Kontrolltheorien passen, und zum Anderen, inwieweit die gefundenen Leistungsentwicklungen mit Modellen des motorischen Lernens zu verbinden (Ripoll & Latiri, 1997) sind. In diesem Kapitel wird nur der Aspekt der sensomotorischen Kontrolle beschrieben, da motorisches Lernen einer eigenständigen und umfassenden Beschreibung bedürfte.

Die typische Unterteilung in zentrale und periphere Anteile der motorischen Steuerung wird besonders evident bei der Steuerung von schnellen Bewegungen, wie es Tischtennisschläge sind. Dabei ist die Frage wichtig, zu welchem Teil die Bewegungen visuell gesteuert und zu welchen Anteilen interne motorische Programme für die Steuerung verantwortlich sind. Im Tischtennis wurden sowohl für die überwiegend direkte Steuerung Argumente und Evidenzen aufgeführt (vgl. Bootsma & Van Wieringen, 1990) als auch für zentral gespeicherte Programme. Neal (1991) zeigte beispielsweise in der Analyse von unterschiedlichen Vorhandschlägen, dass weder die Annahme eines relativen Timings (Schmidt, 1975) noch die absoluter konstanter Bewegungslängen (Wollenstein & Abernethy, 1988) bestätigt werden konnten. Die Arbeitsgruppe um Bootsma und van Wieringen zeigte ebenfalls, dass eine alleinige Steuerung durch konstante Anfangspositionen und konstante Bewegungslängen nicht nachzuweisen ist, auch wenn ältere

Arbeiten zu diesen Ergebnissen kamen (vgl. Tyldesley, 1975, 1981; Tyldesley & Whiting, 1975). Neuere Arbeiten von Rodrigues et al. (2002) ignorieren die Diskussion von Variabilitäten beispielsweise des Bewegungsanfanges oder der Bewegungsdauer (vgl. Rodrigues et al., 2002, S. 195, Tabelle 2). Anstatt gefundene Variabilitäten der Bewegungsausführung in Raum und Zeit als motorisches Rauschen „beiseite zu interpretieren“ (Bootsma & Van Wieringen, 1990), sind eine Reihe von Analysen durchgeführt worden, um zu zeigen, dass die motorische Variabilität funktional ist (vgl. Post, Daffertshofer & Beek, 2000). Diese funktionale motorische Ausführungsvariabilität kann durch die Nutzung einer Endpunktkontrolle erklären werden: Während die Bewegungen eines Sportlers oder die zwischen zwei Sportlern am Anfang stark variieren, nimmt diese Variabilität kurz vor dem Kontakt von Ball und Schläger ab. Das Problem konzentriert sich somit auf die Steuerung der Richtung des Schlägers (Bootsma & van Wieringen, 1990, S. 28). Allerdings existieren auch eine Reihe von Befunden, nach denen unser sensorisches System nicht genau genug ist, um diesen Punkt unter den Bedingungen, wie sie beim Tischtennis existieren, abzuschätzen (vgl. Tresilian, 1994). Rodrigues, Vickers und Williams (2002) fanden beispielsweise bei ihrem Tischtennisexperiment mit geübten und ungeübten Tischtennisspielern heraus, dass Auge-Kopf-Stabilitäten ca. 100 ms bis 30 ms vor Ball-Schläger-Kontakt gefunden werden konnten, die die Autoren als Beweis für stabile Blickzentrierungen auf den Ball interpretierten, die allerdings zu kurz für Korrekturen sind. Ripoll und Fleurance (1988) fanden jedoch Stabilisationen bereits um 238 ms bis 375 ms für verschiedene Vorhandschläge, die visuelle Korrekturen zulassen. Aufgrund der kurzen Stabilisationsphase kurz vor Schläger-Ball-Kontakt argumentieren Rodrigues, Vickers und Williams (2002, S. 198), dass die Benutzung der Expansionsrate des Balles zu ungenau ist und nur dann benutzt werden kann, wenn die Expansionsrate sich sehr schnell verändert. Zu möglichen funktionalen oder unfunktionalen Variabilitäten auf der motorischen Seite kommen also Variabilitäten des sensorischen Systems. Eine mögliche Lösung, wie Spieler die Bewegung des Schlägers so strukturieren, dass unter Einbeziehung aller Unsicherheiten ein optimales Ergebnis erzielt wird, ist die Verbindung der Forschung der motorischen Variabilität und der Forschung der sensorischen Variabilität. Kompensatorische Variabilitäten zwischen den motorischen und sensorischen Prozessen würden danach funktionale Variabilitäten entweder im sensorischen oder im motorischen Bereich ersetzen. Die Bandbreite der üblichen Variabilität des sensorischen Systems würde die Bewegung in die Auswahl einer geeigneten Bewegungssteuerung einbeziehen. Dass diese Annahme plausibel ist, sei an folgendem Beispiel erläutert: Die Bewegungstrajektorien vereinen sich nicht zum Zeitpunkt des Kontaktes von Schläger und Ball, wie beispielsweise von Bootsma und Van Wieringen (1990) angenommen, sondern ungefähr 70 Millisekunden vorher. Das entspricht in etwa dem Konfidenzintervall der Genauigkeit der optischen Variable τ für die Bewegungsgeschwindigkeiten, wie sie beim Tischtennis existieren (Tresilian, 1994). Wie aber produziert das motorische System die Bewegungsbahn unter Berücksichtigung dieser Rahmenbedingungen? Alle Modelle, die von einer Endpunktkontrolle ausgehen, müssen das Problem des Ablaufs der inversen Transformation von Kartesischen Koordinaten zu den Muskel- oder Gelenksteuerungen lösen. Es ist jedoch unsicher, ob der Referenzpunkt intrinsisch ist (wie er beispielsweise bei minimum-joint-torque-change-models oder minimum-muscle-tension-change-models angenommen wird) oder extrinsisch (Kartesianische Koordination). Alternativ wird darauf hingewiesen, dass intrinsische und extrinsische Referenzpunkte Bewegungen (Rogosky & Rosenbaum, 2000; Rosenbaum, Loukopoulos, Meulenbroek, Vaughan & Engelbrecht, 1995) abhängig von den Aufgabenbedingungen (Breteler, Gielen & Meulenbroek, 2001) steuern. Cesari, Shiratori, Olivato und Duarte (2001) beschreiben beispielsweise, dass das Handgelenk gar nicht kontrolliert wird, sondern nur Schulter und Ellbogen, um das Neun-Freiheitsgradproblem auf ein Sechs-Freiheitsgradproblem zu reduzieren. Die von uns gefundene Lösung, Bewegungen des Schlägers optimal zu steuern, ist die Bat-Flat-Heuristik (vgl. Raab &

Bert, in Vorbereitung). Sie beschreibt, welche Informationen zur sensomotorischen Kontrolle wie und wann benutzt werden, um eine optimale Bewegungssteuerung zu gewährleisten. Dabei gehen wir davon aus, dass der Sportler vor Bewegungsbeginn Informationen über das Verhalten des Gegners nutzt (vgl. Ripoll, 1989). Während der Bewegungsausführung wird die Bewegungssteuerung durch die Nutzung der Variable τ realisiert. τ beschreibt die Größenveränderungsrate eines sich nähernden Objektes, aus der die Zeit bis zum Kontakt mit dem Objekt, hier der Kontakt von Ball-Schläger, errechnet werden kann. Da, wie bereits erläutert, τ nur ungenaue Vorhersagen des Treffpunktes von Schläger und Ball ermöglicht, ebenso wie motorische Variabilitäten keinen genauen Treffpunkt auf der Schlägermitte ermöglichen (Möllenbeck, Jendrusch & Heck, 2001), werden diese Variabilitäten kompensatorisch durch eine zeitliche und räumliche Strategie strukturiert. Die zeitliche Strategie benutzt eine Sicherheitszone, die in etwa der Streuung der sensorischen Ungenauigkeit entspricht. Es wird angenommen, dass diese Strategie durch Erfahrungen erworben wird. Diese Argumentation deckt sich mit Befunden zur Nutzung von τ in anderen Bereichen, beispielsweise im Weitsprung oder im Brems- und Fahrverhalten beim Autofahren (Lee, 1982) oder dem frühzeitigen Einklappen der Flügel von Seevögeln beim Eintauchen ins Wasser (Lee & Raddish, 1981). Die räumliche Strategie steuert den Schläger in einer Ebene durch die Fixierung des Ellbogens und des Schultergelenks. Das Handgelenk wird dabei in einem erlernten Neigungswinkel konstant gehalten (vgl. Cesari, et al., 2001). Die dadurch erreichte Bewegungstrajektorie durch den Raum ermöglicht es, Ungenauigkeiten im sensorischen oder motorischen Bereich auszugleichen. Die räumliche und zeitliche Strategie führt zu einer konstanten Bewegungsbahn circa 100 Millisekunden vor dem Schläger-Ball-Kontakt und optimiert somit funktional die Streuung des sensomotorischen Systems. Im folgenden Kapitel nennen wir die Konsequenzen für die Übungsgestaltung und mögliche Instruktionen, die sich aus diesen theoretischen Überlegungen ergeben.

9.3 Konsequenzen für die Praxis

Eine Reihe von Lehrplänen (DTTB, 1998, 2001) und Lehrbüchern (zum Beispiel Groß, 1995; Grubba, 1998) befasst sich mit dem Techniktraining im Tischtennis. Dabei überwiegen jedoch die Darstellung, Analyse und Vermittlung von einzelnen Techniken; die Technikübergänge werden weniger behandelt. Im Folgenden werden wir deshalb diese wichtige Lücke schließen und Empfehlungen für die Diagnostik und das Training von Technikübergängen geben.

9.3.1 Empfehlungen für die Diagnostik von Technikübergängen

Aus den Erfahrungen von Spielern und Trainern hat sich ein Repertoire an Schlagtechniken gebildet, die eine unter biomechanischen Gesichtspunkten optimale Durchführung der Bewegung erlauben (Anpassung an die anatomischen Gegebenheiten, zeitliche Koordination der Einzelimpulse der Körpersegmente) und innerhalb einer gewissen Bewegungskonstanz die durch Taktik und Gegnereinwirkung notwendigen Variationen zulassen. Eine wichtige Voraussetzung ist die problemlose Kombinierbarkeit der ausgeführten Bewegungen. Im deutschen Tischtennis konkurrieren jedoch zwei verschiedene Auffassungen, sodass in den Landesverbänden unterschiedliche Technikwechsel gelehrt werden: die Neutralstellung und der direkte Übergang. Die Uneinigkeit der Trainer zeigt, dass im Bereich der Technikübergänge noch vieles nicht geklärt ist. Was macht einen besseren Übergang aus, und wie kann der Trainer das diagnostizieren?

Optimale Sollwerte von Technikübergängen orientieren sich an den Voraussetzungen, die der Spieler mitbringt. Geht man von einem durchschnittlichen Angriffsspieler mit Shakehand-Technik aus, können die folgenden Kriterien festgelegt werden: Die Bewegung des letzten Schlages sollte

schnell beendet sein, um sofort aus dem Gegnerverhalten den nächsten Schlag zu antizipieren. Von der Endposition des letzten Schlages ist eine Bewegungstrajektorie zu wählen, die direkt in den nächsten Vorhand- oder Rückhandschlag führt. Der Zeitpunkt wird so gewählt, dass genügend Zeit für eine Ausholbewegung vorhanden ist. Optimale Beschreibungen für die Übergänge von Vorhand zu Rückhand und von Rückhand zu Vorhand werden aktuell gemeinsam mit den Bundestrainern entwickelt (vgl. Bert, Raab & Jeler, in Vorbereitung). Wie aber werden Übergänge diagnostiziert?

Vereinstrainer, denen die Möglichkeit zu einer dreidimensionalen Diagnostik normalerweise nicht zur Verfügung steht, sollten den Leistungsstand ihrer Schützlinge auf andere Art diagnostizieren. Schon das Aufzeichnen mit nur einer Videokamera ermöglicht eine ausführliche und sorgfältige Beobachtung, z. B. darüber, wie sich der Spieler nach einem Schlag verhält, wie seine Fußstellung aussieht und wohin er den Schläger führt. Auf diese Weise kann der Trainer von jedem Spieler ein individuelles Fehlerprofil erstellen und das Training dementsprechend auf ihn abstimmen.

9.3.2 Empfehlungen für das Training von Technikübergängen

Ein zentrales Ziel der Diagnostik des Technikwechsels bestand darin, konkrete Empfehlungen für eine Sollwert-Vorstellung des Übergangs zu formulieren. Aufgrund der Ergebnisse gibt es eine Tendenz für den direkten Übergang von einer Technik zu anderen ohne zu weites Absinken des Schlagarms. Diese Empfehlung ist jedoch mit einiger Vorsicht zu geben, da zwar vermehrtes Absinken zu mehr Fehlern führt (besonders bei hoher Wettkampfgeschwindigkeit), aber der Effekt nicht so stark ist wie erhofft. Deshalb wird es weiterhin dem Trainer überlassen bleiben, ob er komplettes Umlernen oder optimieren innerhalb einer Technik präferiert. Trotz aller Vorsicht lassen sich jedoch konkrete Empfehlungen für das Training geben:

Das Training der Technikübergänge besteht aus einem Video- und aus einem Hallentraining. Das bedeutet einen etwas größeren Aufwand für den Vereinstrainer, zeigt sich jedoch erfolgsversprechend. Jeder Spieler erhält ein individuelles Videoband, das er sowohl im Training als auch zu Hause anschauen kann. Wenn letzteres nicht möglich ist, sollte der Trainer während des Hallentrainings mit dem Spieler die Aufzeichnungen anschauen. Als Vergleich sollte ein Technikvideo des DTTB oder eine Aufzeichnung eines Wettkampfs zwischen Spitzenspielern herangezogen werden, denn in den meisten Technikvideos werden die Techniken immer wieder gespielt, sodass ein Technikwechsel nicht vorkommt. Zunächst ist es sinnvoll, den Spieler die Bewegungen holistisch erfassen zu lassen und auf die Beachtung der Fehler zu verzichten. Die Analyse der Fehler geschieht im zweiten Schritt. Anschließend sollte dem Spieler die Möglichkeit gegeben werden, mehrere Male seine eigene Bewegung mit dem Technikleitbild zu vergleichen.

Für das Balltraining werden vom Trainer verschiedene Übungen festgelegt, die während eines bestimmten Zeitraums (z. B. sechs Wochen) verstärkt trainiert werden sollen.

Verschiedene Experten schlugen die folgenden Übungen vor, die für das Training von Technikübergängen sinnvoll sind. Je nach Fehlerbild, beispielsweise zu geringere Bewegungsamplituden bei Rückhandschlägen aufgrund zu später oder tiefer Neutralstellung, sind die entsprechenden Anweisungen zur Optimierung (vgl. Zhengxian, 1983) einzelner Techniken auch mit den Empfehlungen zur Technikoptimierung der Übergänge zu verbinden.

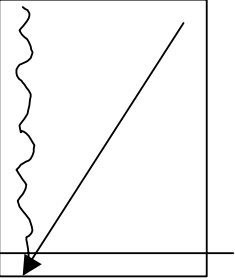
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> VHT RHK </div> <p>3x</p>  <p>RHB/K</p>	<p>Name der Übung: „3:1“</p> <p>Ziel/Methode: Regelmäßige Übung mit wenig Technikwechsel</p> <p>Beschreibung: Der Spieler spielt 3 x VHT parallel, dann RHK diagonal.</p> <p>Variation: - VHT diagonal und RHK parallel - “1:3” (1 x VHT, 3 x RHK) - Spieltempo</p> <p>Aufmerksamkeit des Trainers liegt auf:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schlagarmbewegung bei wiederholter Technik - Schlagarmbewegung bei Wechsel - Beinarbeit: Füße parallel (RH), schräg (VH) zur Grundlinie
--	---

Abbildung 72: Übung 1 zum Training von Technikübergängen

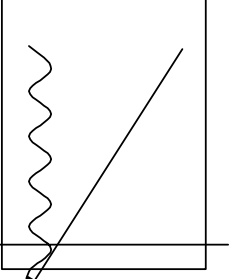
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> VHT RHK </div>  <p>RHB/K</p>	<p>Name der Übung: „1:1“</p> <p>Ziel/Methode: Regelmäßige Übung mit häufigem Technikwechsel</p> <p>Beschreibung: Der Spieler spielt abwechselnd VHT parallel und RHK diagonal.</p> <p>Variation: - VHT diagonal und RHK parallel - Spieltempo</p> <p>Aufmerksamkeit des Trainers liegt auf:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schlagarmbewegung beim Wechsel - Beinarbeit: Sidesteps, Fußstellung parallel/schräg
---	--

Abbildung 73: Übung 2 zum Training von Technikübergängen

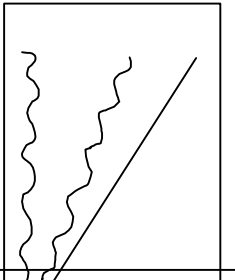
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> VHT VHT RHK </div>  <p>RHB/K</p>	<p>Name der Übung: „Rh-Mitte-Rh-Vh“</p> <p>Ziel/Methode: Regelmäßige Übung mit häufigem Wechsel, Schulung der Platzierung</p> <p>Beschreibung: Der Spieler spielt nacheinander RHK diagonal, VHT aus Mitte diagonal, RHK diagonal und VHT aus Vorhand parallel.</p> <p>Variation: - Spieltempo - VHT und RHK auf Vorhandseite</p> <p>Aufmerksamkeit des Trainers liegt auf:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schlagarmbewegung beim Wechsel - Beinarbeit (s. o.)
---	--

Abbildung 74: Übung 3 zum Training von Technikübergängen

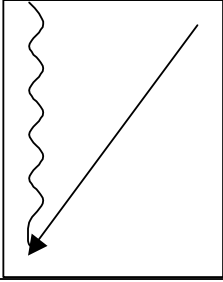
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> VHT 1-2 x </div> <div style="text-align: center;"> RHK 1-2 x </div> </div> 	<p>Name der Übung: „1-2 : 1-2“</p> <p>Ziel/Methode: Halb-regelmäßige Übung zur Schulung der Antizipation des Wechsels</p> <p>Beschreibung: Der Spieler spielt 1 oder 2 Bälle VHT parallel, dann 1 oder 2 Bälle RHK diagonal (Zuspieler entscheidet).</p> <p>Variation:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anzahl der maximalen VH- bzw. RH-Schläge - VHT und RHK auf Vorhandseite - Spieltempo <p>Aufmerksamkeit des Trainers liegt auf:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bewegung, wenn der Spieler weiß, ob VH oder RH zu spielen ist (nach dem 2. VHT, nach dem 2. RHK) - Bewegung, wenn der Spieler nicht weiß, was zu spielen ist (nach dem 1. VHT, nach dem 1. RHK)
RHB/K	

Abbildung 75: Übung 4 zum Training von Technikübergängen

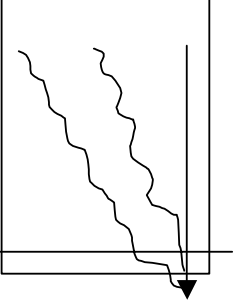
<p>VHT 1-3 x</p> <p>RHK</p>  <p>VHB/K</p>	<p>Name der Übung: „1-3 : 1“</p> <p>Ziel/Methode: Halb-regelmäßige Übung zur Schulung der Antizipation des Wechsels, Platzierung</p> <p>Beschreibung: Der Spieler spielt 1, 2 oder 3 Bälle VHT aus dem Bereich Vorhand und Mitte diagonal (Zuspieler entscheidet), dann RHK parallel.</p> <p>Variation:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anzahl der maximalen VH- bzw. RH-Schläge - VHT und RHK auf Rückhandseite - Spieltempo <p>Aufmerksamkeit des Trainers liegt auf:</p> <p>Bewegung, wenn der Spieler</p> <ul style="list-style-type: none"> - ... weiß, ob RH oder VH zu spielen ist (nach dem 3. VHT, nach dem RHK) - ... weiß, dass VH zu spielen ist, er aber die Platzierung nicht kennt (nach dem RHK) - ... die Platzierung nicht weiß
--	--

Abbildung 76: Übung 5 zum Training von Technikübergängen

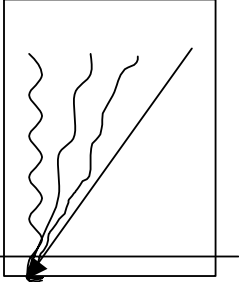
<p>VHT</p> <p>RHK</p>  <p>RHK/B frei</p>	<p>Name der Übung: „Frei gegen ganzen Tisch“</p> <p>Ziel/Methode: Unregelmäßige Übung zur Schulung der Antizipation</p> <p>Beschreibung: Der Zuspieler verteilt die Bälle auf dem ganzen Tisch. Der Spieler spielt zwischen VH und Mitte VHT, sonst RHK.</p> <p>Variation:</p> <ul style="list-style-type: none"> - VHT und RHK auf Vorhandseite - Spieltempo <p>Aufmerksamkeit des Trainers liegt auf:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schlagarmbewegung beim Wechsel - Beinarbeit
---	--

Abbildung 77: Übung 6 zum Training von Technikübergängen

Die Übungen können abgewandelt werden, sodass sie im Training individuell eingesetzt werden können.

Eine gute Möglichkeit, die Übungen spielerisch einzusetzen, ergibt sich durch die folgende Übungsform. Der Trainer wählt bestimmte Übungen aus, die er auf einer Tafel, einem großen Karton oder ähnlichem notiert. Jede Übung muss mehrere Male hintereinander gespielt werden; deren Anzahl wird ebenfalls auf der Tafel notiert: zum Beispiel Übung 1:4 Durchgänge, Übung 2:3 Durchgänge. Methodische Variationen sollten jedoch unbedingt auf die Trainingsgruppe abgestimmt werden. Dabei ergibt sich die Möglichkeit, zu differenzieren: Jüngere Spieler müssen zum Beispiel die Übung dreimal ohne Fehler spielen, ältere Spieler fünfmal. Erst wenn ein Spielerpaar die vorgegebenen Durchgänge fehlerfrei ausgeführt hat, darf es zur nächsten Übung übergehen. Als kleiner Wettbewerb kann auch festgelegt werden, dass das Spielerpaar, das als Erstes alle Übungen in der vorgegebenen Wiederholung geschafft hat, gewinnt. Ein Spieler sollte nach jeder erfolgreich absolvierten Übung zur Tafel laufen und notieren, welche Übung gerade gespielt wird, damit die Tafel zu jeder Zeit den Spielstand anzeigt. Bei diesen Übungen bieten

sich vielfältige Variationsmöglichkeiten an. Der Vorteil von Übungen als Spiel ist, dass diejenigen Übungen, die einem Spielerpaar am wenigsten gelungen sind, am meisten geübt werden. Ein typischer 6-Wochen-Plan mit Übungsvariationen für verschiedene Altersklassen ist in Vorbereitung.

9.3.2.1. Trainingsdokumentation

Da Spieler häufig bei verschiedenen Trainern trainieren (z. B. Leistungszentren, Heimatverein), bietet das Trainingstagebuch eine gute Möglichkeit, trotzdem ein gezieltes Training durchzuführen. Die Trainer können gemeinsam verschiedene Übungen bestimmen, die in der jeweiligen Trainingsphase geübt werden sollen. Dokumentiert wird im Trainingstagebuch, wie lange eine Übung pro Woche trainiert wurde, und wann der Spieler das Videoband angeschaut hat, wie viel Zeit er sich dafür genommen hat, und ob der Trainer dabei war oder nicht. Besondere Vorkommnisse während des Trainings werden ebenfalls dokumentiert. Auf diese Weise lernen die Spieler schon früh das Führen eines Tagebuchs, woraus im Laufe der sportlichen Karriere ein Taktiktagebuch werden könnte. Eigenes Engagement wird somit gefördert, und der Spieler begreift, dass nicht nur der Trainer für ein reibungsloses Training verantwortlich ist.

9.3.2.2. Evaluation durch die Trainer im Wettkampf

Immer wieder sollte der Trainer die Leistung seiner Schützlinge und damit auch ihre Fortschritte überprüfen. Dazu bieten sich kleinere Trainingswettkämpfe und –turniere an. Der Trainer bewertet die Verbesserungen der Techniken sowie die Technik im Bereich Beinarbeit auf einer Skala zwischen 1 und 6. Auf diese Weise kann der Trainer Zusammenhänge zwischen Trainingsumfang/-häufigkeit und Lernfortschritten erkennen.

Der Trainer bewertet bei der Evaluation im Wettkampf auch, wie gut der Spieler im Bereich der Technikübergänge ist, damit er nach der Trainingsphase „Technikwechsel“ die Leistungen vor und nach der Intervention miteinander vergleichen kann.

9.4 Fazit

Der deutsche Tischtennissport unterliegt großen Veränderungen, die sich durch die Ablösung erfolgreicher Spieler und durch die Modifikationen internationaler Regeln ergeben. Das Projekt Techniktraining im Tischtennis ist eine wissenschaftlich begleitende Trainings- und Wettkampfforschung. Sie wurde in drei Phasen unterteilt. Phase I erprobte die Diagnostik und Intervention für die Optimierung von Techniken. Auf der Grundlage des Konzeptes „Aus der Praxis für die Praxis“ wurden Probleme gesucht und spezifiziert. Dazu wurden ein Test, spezifische Verfahren zur Ergebnisrückmeldung und mit dem „Best-practice-Modell“ eine einzelfallbasierte Trainingskonzeption entwickelt. Phase II beinhaltete die Evaluation des durchgeführten Programms und wurde für jeden Schritt der Durchführung in einer prozessbegleitenden formativen Evaluation realisiert. In der Phase III der Intervallation wurden die Erfahrungen aus Intervention und Evaluation genutzt, um optimale Verfahren für die Diagnostik und das Training von Technikübergängen zu entwickeln und die Effekte in Training und Wettkampf kurz-, mittel- und langfristig zu überprüfen. Abschließend wurden über die betreute Gruppe hinaus Empfehlungen für theoretische, methodologische und praktische Anwendungen gegeben. Das Projekt dient der Initiierung einer Konzeption zur Diagnostik, Intervention und Bewertung von Technikübergängen im Tischtennis. Wenn die Ergebnisse über die positiven Effekte der betreuten Gruppe hinaus Wirkung bei den Trainern und Spielern des DTTB zeigt, ist die Hoffnung groß, dass Spielern wie Timo Boll weitere gute Nachwuchsspieler folgen.

10. Literatur

- Allard, P., Stokes, I. A. F. & Blanchi, J. P. (1995). Three-dimensional analysis of human movement. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Allison, M. G. & Ayllon, T. (1980). Behavioral coaching in the development of skills in football, gymnastics, and tennis. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 13, 297-314.
- Amelang, M. & Zielinski, W. (1997). *Psychologische Diagnostik und Intervention*. (2. Aufl.). Heidelberg: Springer.
- Anderson, S. B. & Ball, S. (1978). *The profession and practice of program evaluation*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Ashby, F. G., Maddox, W. T. & Lee, W. W. (1994). On the dangers of averaging across subjects when using multidimensional scaling or the similarity-choice model. *Psychological Science*, 5, 144-150.
- Barchukova, G. & Voronov, A. (1998). Biomechanical analysis of attacking strokes as a prerequisite for the development of technical and tactical actions in table tennis. *Journal of Sport Sciences*, 16 (5), 407-408.
- Bert, N. & Raab, M. (2003). Training von Technikübergängen. *Tischtennis Lehre*, 2, 14-18.
- Bert, N. (2001). *Techniktraining im Tischtennis*. (unveröffentlichte Zulassungsarbeit, Universität Heidelberg).
- Bert, N., Raab, M. & Jeler, E. (in Vorbereitung). *Training von Technikübergängen im Tischtennis*.
- Bootsma, R. J. & van Wieringen, P. C. W. (1988). Visual control of an attacking forehand drive in table tennis. In O. G. Meijer & K. Roth (Hrsg.), *Complex Movement Behaviour: The Motor-action controversy* (S. 189-199). Amsterdam: North-Holland.
- Bootsma, R. J. & van Wieringen, P. C. W. (1990). Timing an attacking forehand drive in table tennis. *Journal of Experimental Psychology, Human Perception and Performance*, 16 (1), 21-29.
- Bootsma, R. J., Houbiers, M. H. J., Whiting, H. T. A. & van Wieringen, P. C. W. (1991). Acquiring an attacking forehand drive: The effects of static and dynamic environmental conditions. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 62 (3), 276-284.
- Borich, G. D. & Jemelka, R. P. (1982). *Programs and systems. An evaluation perspective*. New York: Academic Press.
- Bortz, J. & Döring, N. (1995). *Forschungsmethoden und Evaluation*. Heidelberg: Springer.
- Breteler, M. D., Gielen, C. A. M. & Meulenbroek, R. G. J. (2001). End-point constraints in aiming movements: Effects of approach angle and speed. *Biological Cybernetics*, 85, 65-75.
- Bryan, A. J. (1987). Single-subject designs for evaluation of sport psychology interventions. *The Sport Psychologist*, 1, 283-292.

- Buckolz, E., Boulougouris, A., O'Donnell, C. & Pratt, J. (2002). Disengaging the negative priming mechanism in location tasks. *European Journal of Cognitive Psychology*, 14, 207-225.
- Cesari, P., Shiratori, T., Olivato, P. & Duarte, M. (2001). Analysis of kinematically redundant reaching movements using the equilibrium-point hypothesis. *Biological Cybernetics*, 84, 217-226.
- Chen, H.-T. (1995). *Theory-driven evaluations*. Newbury Park: Sage.
- Christensen, L. B. (1985). *Experimental methodology*. Boston: Allyn & Bacon.
- Cogan, K. D. & Petrie, T. A. (1995). Sport consultant: An evaluation of a season-long intervention with female collegiate gymnastics. *The Sport Psychologist*, 9, 282-296.
- Cronbach, L. J. & Gleser, G. C. (1965). *Psychological tests and personal decisions*. (2. Aufl.). Urbana: University of Illinois Press.
- Daug, R., Blischke, K., Marschall, F. & Müller, H. (1990). Videotechnologien für den Spitzensport. *Leistungssport*, 20 (6), 12-17.
- Diekmann, A. (1995). *Empirische Sozialforschung. Grundlagen, Methoden, Anwendungen*. Hamburg: Rowohlt.
- Dowrick, P. W. & Dove, C. (1980). The use of self-modeling to improve the swimming performance of spina bifida children. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 13, 51-56.
- DTTB (1998). *Tischtennis Lehrplan. Band I: Schlagtechnik und Beinarbeit*. Frankfurt am Main. Eigenverlag.
- DTTB (2001). *Tischtennis Lehrplan. Band I: Schlagtechnik und Beinarbeit*. (2. Auflage). Frankfurt am Main. Eigenverlag.
- Durey, A. & Journeaux, R. (1995). Application of three-dimensional analysis to sports. In P. Stokes, I. A. F. Allard & J.-P. Blanchi (Hrsg.), *Three-dimensional analysis of human movement* (S. 327-348). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Ehrlenspiel, F. (2001). Paralysis by analysis? Effects of internal focus on biomechanic variables of the basketball free-throw. In J. Mester, G. King, H. Strüder, E. Tsolakidis & A. Osterburg (Hrsg.), *ECSS-Congress, Perspectives and Profiles* (S. 544). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Epstein, K. (1992). *Metabolische und hämodynamische Veränderungen im Tischtennis*. (unveröffentlichte Diplomarbeit, DSH Köln).
- Ernst, M. (1994). Wahrnehmung, Antizipation und Reaktion im Tischtennis. *Trainerbrief*, 4, 6-25.
- Fehres, K. (1992). *Videogestütztes Techniktraining im Sport*. Köln: Sport und Buch Strauss.
- Freeman, H. E., Rossi, P. H. & Sandefur, H. (1993). *Workbook for evaluation. A systematic approach 5*. Newbury Park: Sage.
- Goldstein, H. (1995). *Multilevel statistical models*. London: Edward Arnold.

- Gould, D., Murphy, S., Tammen, V. & May, J. (1991). An evaluation of the U.S. olympic sport psychology consultant effectiveness. *The Sport Psychologist*, 5, 111-127.
- Greenspan, M. J. & Feltz, D. L. (1989). Psychological interventions with athletes in competition situations: A review. *The Sport Psychologist*, 3, 219-236.
- Groß, B.-U. & Huber, D. (1995). Tischtennis: Moderne Technik für Anfänger und Könner. Hamburg: Rowohlt.
- Groß, B.-U. (1985). Technisch-taktische Analyse eines Ballwechsels zwischen Böhm und Lupulesku. *Tischtennis Sport*, 39 (11), 25-28.
- Groß, B.-U. (1987). Tischtennis Praxis. Programme - Übungen - Lernhilfen. Hamburg: Rowohlt.
- Grosser, M. & Neumaier, A. (1988). Kontrollverfahren zur Leistungsoptimierung. Studienbrief 17. Schorndorf: Hofmann.
- Grosser, M., Brüggemann, P. & Zintl, M. (1986). Leistungssteuerung in Training und Wettkampf. München: BLV.
- Grubba, A. (1998). Tischtennis lernen. Bielefeld: Delius Klasing.
- Haas, R. (1995). Bewegungserkennung und Bewegungsanalyse mit dem synergetischen Computer. Dissertation, Universität Stuttgart.
- Hager, W., Patry, J.-L. & Brezing, H. (2000). Evaluation psychologischer Interventionsmaßnahmen. Standards und Kriterien: Ein Handbuch. Bern: Huber.
- Herman, J. L., Morris, L. L. & Fitz-Gibbon, M. (1987). Evaluator's handbook. Newbury Park: Sage.
- Herrmann, T. (1979). Psychologie als Problem. Stuttgart: Klett.
- Hohmann, A. (1999). Die Wettkampfdiagnostik. In G. Tschiene & P. Thieß (Hrsg.), *Handbuch zur Wettkampflehre*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Hossner, E.-J., Raab, M. & Wollny, R. (1996). Zusammenfassung und Verdichtung von Alltagstheorien. In K. Roth (Hrsg.), *Techniktraining im Spitzensport* (S. 65-99). Köln: Sport und Buch Strauss.
- Isaac, S. & Michael, W. B. (1978). Handbook in research and evaluation. For education and the behavioral sciences. San Diego: Edits publishers.
- Janis, I. L. (1972). Victims of group-think. Boston: Houghton Mifflin.
- Kasai, J. & Mori, T. (1998). A qualitative 3D analysis of forehand strokes in table tennis. In A. Leeds (Hrsg.), *Science and racket sports II* (S. 201-205). London: E & FN Spon.
- Kirschenbaum, D. S., Owens, D. & O'Connor, E. A. (1998). Smart golf: Preliminary evaluation of simple, yet comprehensive approach to improving and scoring the mental game. *The Sport Psychologist*, 12, 271-282.

-
- Koch, U. & Wittmann, W. (1990). Evaluationsforschung. Bewertungsgrundlage von Sozial- und Gesundheitsprogrammen. Heidelberg: Springer.
- Komaki, J. & Barnett, F. T. (1977). A behavioral approach to coaching football: Improving the play execution of the offensive backfield on a youth football team. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 10, 657-664.
- Koop, S. & Martin, G. L. (1983). Evaluation of a coaching strategy to reduce swimming stroke errors with beginning age-group swimmers. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 16, 447-460.
- Korpa, I. (1987). Zum Einsatz von Video im Tischtennis. In R. Daus (Hrsg.), *Medien im Sport* (S. 45-46). Frankfurt: Deutscher Sportbund.
- Lames, M. (1999). Evaluationsforschung in der Trainingswissenschaft. In A. Wichmann, A. Hohmann & K. Carl (Hrsg.), *Feldforschung in der Trainingswissenschaft*. (S. 49-64). Köln: Sport und Buch Strauss.
- Langford, I. H., Marris, C., McDonald, A. L., Goldstein, H., Rasbash, J., & O'Riordan, T. (1999). Simultaneous analysis of individual and aggregate responses in psychometric data using multilevel modeling. *Risk Analysis*, 19 (4), 675-683.
- Lee, D. N. & Raddish, P. E. (1981). Plummeting gannets: A paradigm of ecological optics. *Nature*, 292, 292-294.
- Lee, D. N. (1982). Regulation of gait in long jumping. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8 (3), 448-459.
- Lines, J. B., Schwartzmann, L., Tkachuk, G. A., Leslie-Toogood, S. & Martin, G. L. (1999). Behavioral assessment in sport psychology consulting: Applications to swimming and basketball. *Journal of Sport Behavior*, 22, 558-569.
- Maddox, W. T. (1999). On the dangers of averaging across observers when comparing decision bound models and generalized context models of categorization. *Perception & Psychophysics*, 61, 354-374.
- Marris, C., Langford, I. H., Saunderson, T., & O'Riordan, T. (1997). Exploring the psychometric paradigm: Comparisons between aggregate and individual analyses. *Risk Analysis*, 17 (3), 303-312.
- Martin, D. (1980). Grundlagen der Trainingslehre Teil 2. Die Planung, Gestaltung, Steuerung des Trainings und das Kinder- und Jugendtraining. Schorndorf: Hofmann.
- Martin, D., Carl, K. & Lehnertz, K. (1991). Handbuch Trainingslehre. Schorndorf: Hofmann.
- Martin, D., Nicolaus, J., Ostrowski, C. & Rost, K. (1999). Handbuch Kinder- und Jugendtraining. Schorndorf: Hofmann.
- Martin, G. L., Toogood, S. A. & Tkachuk, G. A. (1997). Cognitive and behavioral components of a seasonal psychological skills training program for competitive figure skaters. *Cognitive and Behavioral Practice*, 4, 383-404.
-

- Mason, B. R. (1986). Der mögliche Nutzen der biomechanischen Analyse für die Talentidentifikation im Tischtennis. *Excel*, 2 (4), 6-8.
- Maurer, H. (2003). Effektivität von beidseitigem Üben beim Erlernen der Rückhand-Kontertechnik im Tischtennis. *Electronical Journal: Motor Control and Motor Learning* (ites.com).
- Michaelis, R. & Sklorz, M. (1982). Tischtennis Lehrplan 1. Technik. München: BLV.
- Mittag, W. & Hager, W. (2000). Ein Rahmenkonzept zur Evaluation psychologischer Interventionsmaßnahmen. In W. Patry, H. Hager & J.-L. Brezing (Hrsg.), *Evaluation psychologischer Interventionsmaßnahmen*. (S. 102-128). Bern: Huber.
- Möllenbeck, O., Jendrusch, G. & Heck, H. (2001). Table tennis specific eye-hand-(bat)-coordination in dependance on the performance of visual depth perception (ECSS-abstract).
- Neal, R. (1991). The mechanics of the forehand loop and smash shots in table tennis. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 23 (1), 3-11.
- Neumaier, A. (1997). Trainingswissenschaftlicher Ansatz zum Techniktraining. In A. Neumaier, J. Nitsch, J. Mester & H. de Marées, (Hrsg.), *Techniktraining* (S. 173-228). Schorndorf: Hofmann.
- Neumaier, A., de Marées, H. & Seiler, R. (1997). Stand und Probleme des Techniktrainings – Trainerbefragung und Literaturanalyse. In A. Neumaier, J. Nitsch, J. Mester & H. de Marées, (Hrsg.), *Techniktraining* (S. 13-36). Schorndorf: Hofmann.
- Panzer, S., Daus, R., Ehrig, A., Toews, A. (2001). Umlernen - die Umstellung vom Normal- auf den Klapplittschuh. *Leistungssport*, 31, 12-17.
- Partington, J. & Orlick, T. (1987). The sport psychology consultant evaluation form. *The Sport Psychologist*, 1, 309-317.
- Perger, M. (1986). Tischtennis Taktik. Der individuelle Weg zum erfolgreichen Spiel. Niedernhausen: Falken.
- Perl, J., Boguschewsky, G. & Meiberth, M. (1994). Expertensystem-gestützter Diagnose-Interventionszyklus in der Trainingssteuerung am Beispiel Tischtennis. In A. Hohmann, R. Brack & H. Wieland (Hrsg.), *Trainingssteuerung. Konzeptionelle und trainingsmethodische Aspekte*. Stuttgart: Nagelschmid.
- Pokorny, H., Fleiss, O., Svoboda, F. & Thaler, H. P. (1987). Schlaganalyse Tischtennis. In E. Müller, E. Kornexl & W. Nachbauer (Hrsg.), *Sportwissenschaft: Sportpraxis - zwei Welten?* (S. 141-149). Innsbruck: Österreichische Sportwissenschaftliche Gesellschaft.
- Post, A., Daffertshofer, A. & Beek, P. J. (2000). Principal components in three-ball cascade juggling. *Biological Cybernetics*, 82, 143-152.
- Preuss, M. (1988). Die Energiebereitstellung im Tischtennis (unveröffentlichte Diplomarbeit), DSH Köln.
- Raab, M. & Bert, N. (in Vorbereitung). Das Konzept: „Mit der Praxis, für die Praxis“, am Beispiel des Techniktrainings im Tischtennis.

- Raab, M. & Johnson, J. (in Druck). Individual differences of action orientation for risk-taking in sports. *Research Quarterly for Exercise and Sport*
- Reibnitz, U. (1983). Die Szenario-Technik – Ein Instrument der Zukunftsanalyse und der strategischen Planung. In H. Koeppler & H. Haase (Hrsg.), *Fortschritte der Marktpsychologie*. Frankfurt am Main: Fachbuchhandlung für Psychologie.
- Ripoll, H. & Fleurance, P. (1988). What does keeping one's eye on the ball mean? *Ergonomics*, 31, 1647-1654.
- Ripoll, H. & Latiri, I. (1997). Effect of expertise on coincident-timing accuracy in a fast ball game. *Journal of Sports Science*, 15 (6), 573-580.
- Ripoll, H. (1989). Uncertainty and visual strategies in table tennis. *Perceptual and Motor Skills*, 68, 507-512.
- Ripoll, H. (1991). The understanding-acting process in Sport: The relationship between the semantic and the sensorimotor visual function. *International Journal of Sport Psychology*, 22, 221-243.
- Rodrigues, S. T., Vickers, J. N. & Williams, A. M. (2002). Head, eye and arm coordination in table tennis. *Journal of Sports Science*, 20, 187-200.
- Rogosky, B. J. & Rosenbaum, D. A. (2000). Frames of reference for human perceptual-motor coordination: Space-based versus joint-based adaptation. *Journal of Motor Behavior*, 32 (3), 297-304.
- Rosenbaum, D. A., Loukopoulos, L. D., Meulenbroek, R. G. M., Vaughan, J. & Engelbrecht, S. E. (1995). Planning reaches by evaluating stored postures. *Psychological Review*, 102, 28-67.
- Rossi, P. H., Freeman, H. E. & Hofmann, H. (1988). *Programm-Evaluation. Einführung in die Methoden angewandter Sozialforschung*. Stuttgart: Ferdinand Enke.
- Roth, K. & Schipke, D. (1996). Zusammenfassung und Ausblick. In K. Roth (Hrsg.), *Techniktraining im Spitzensport. Alltagstheorien erfolgreicher Trainer* (S. 153-183). Köln: Sport und Buch Strauss.
- Roth, K. (1989). *Taktik im Sportspiel*. Hoffmann: Schorndorf.
- Roth, K. (Hrsg.). (1996). *Techniktraining im Spitzensport. Alltagstheorien erfolgreicher Trainer*. Köln: Sport und Buch Strauss.
- Roth, K., Pauer, T. & Reischle, K. (Hrsg.). (1999), *Dimensionen und Visionen des Sports. Evaluation - Profilbildung - Globalisierung*. Hamburg: Czwalina.
- Sanders, J. R. (1994). *The program evaluation standards*. (2. Aufl.). Thousand Oaks: Sage.
- Schellenberger, H. (1984). Untersuchungen zur Verarbeitung handlungsrelevanter Signale in Sportspielsituationen. *Wissenschaftliche Zeitschrift der DHfK*, 25 (1), 110-119.
- Schlicht, W. (1988). *Einzelfallanalysen im Hochleistungssport*. Schorndorf: Hofmann.

- Schmidt, R.A. (1975). A Schema Theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82 (4), 225-260.
- Seydel, R. (1990). Spielbestimmende Faktoren im Tischtennisport. Messung und Simulation von Ballflugkurven. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Sidman, R. N. (1960). Tactics of scientific research. New York: Basic Books.
- Sleamaker, R. (1991). Systematisches Leistungstraining. Schritte zum Erfolg. Aachen: Meyer & Meyer.
- Sorensen, V., Ingvaldsen, R. P. & Whiting, H. T. A. (2001). The application of co-ordination dynamics to the analysis of discrete movements using table-tennis as a paradigm skill. *Biological Cybernetics*, 85, 27-38.
- Starischka, S. (1988). Trainingsplanung. Studienbrief 19. Schorndorf: Hofmann.
- Stucke, H., Mosblech, S. & Leiss, K. (1986). Tischtennis und Biomechanik. *Deutscher Tischtennis-Sport*, 40 (10), 22-27.
- Stucke, H., Mosblech, S. & Leiss, K. (1989). Tischtennis und Biomechanik II. *Deutscher Tischtennis-Sport*, 40 (11), 23-27.
- Szymanski, B. (1997). Techniktraining in den Sportspielen – bewegungszentriert oder situationsbezogen? Hamburg: Czwalina.
- Tiefenbacher, K., Seydel, R. & Durey, A. (1996). Analysis of the influence of special equipment materials on decisive strokes. *International Journal of Table Tennis Sciences*, 3, 51-60.
- Tresilian, J. R. (1994). Approximate information sources and perceptual variables in interceptive timing. *Journal of Experimental Psychology, Human Perception and Performance*, 20 (1), 154-173.
- Tyldesley, D. A. & Whiting, H. T. A. (1975). Operational timing. *Journal of Human Movement Studies*, 1, 172-177.
- Tyldesley, D. A. (1981). Motion prediction and movement control in fast ball games. In I. M. Cockerill & W. W. MacGillivray (Hrsg.), *Vision and Sport*. (S. 91-115). Cheltenham: Stanley Thornes.
- Tyldesley, D.A. (1975). Pure and applied analysis of table tennis skills. *Research Papers in Physical Education*, 1, 14-19.
- van der Kamp, J. (1999). The information-based regulation of interceptive timing. Amsterdam: University Press.
- Wendland, U. (1986). Individuelle Leistungsprognosen im Spitzensport. Eignet sich wissenschaftliche Vorhersage zur Entscheidungshilfe in der Sportpraxis? Schorndorf: Hofmann.
- Westermann, R. (2000). Wissenschaftstheorie und Experimentalmethodik. Göttingen: Hogrefe.
- Wittmann, W. (1985). Evaluationsforschung. Aufgaben, Probleme und Anwendungen. Heidelberg: Springer.

-
- Wollman, N. (1986). Research on imagery and motor performance: Three methodological suggestions. *Journal of Sport Psychology*, 8, 135-138.
- Wollny, R. (2002). Motorische Entwicklung in der Lebensspanne: Warum lernen und optimieren manche Menschen Bewegungen besser als andere? Schorndorf: Hofmann.
- Wollstein, J. R. & Abernethy, B. (1988). Timing structure in squash strokes; further evidence for the operational timing hypothesis. *Journal of Human Movement Studies*, 15 (2), 61-79.
- Wottawa, H. & Thierau, H. (1990). Lehrbuch Evaluation. Bern: Huber.
- Xiaopeng, Z. (1998). An experimental investigation into the influence of the speed and spin by balls of different diameters and weights. In A. Leeds (Hrsg.), *Science and racket sports II* (S. 206-208). London: E & FN Spon.
- Zeng, Z. (1990). A study of the effects of random and non-random training on the responding ability of table tennis players. *Journal of Sports Science*, 10 (3), 21-29.
- Zhang, H. & Hohmann, A. (2002). Ein mathematisch-modelltheoretischer Ansatz zur Leistungsdiagnostik im Tischtennis. In L. Müller, D. Büsch & M. Fikus (Hrsg.), *Sport-Spiel-Forschung. Begründungsdiskurs und Evaluation in den Sportspielen* (S. 39-40). Universität Bremen: Universitätsverlag.
- Zhengxian, L. (1983). How to make loops powerful. *Table Tennis World*, 2, 19-21.

Anhang

Techniktraining im Tischtennis (Prozessbegleitende Trainings- und Wettkampfforschung)

**In Zusammenarbeit des Bundesinstituts für Sport und Sportwissenschaft (Köln),
dem Institut für Sport und Sportwissenschaft, dem Olympiastützpunkt Rhein-
Neckar,
dem Deutschen Tischtennis-Zentrum (Heidelberg)
und dem Deutschen Tischtennis Bund (Frankfurt)**

Evaluation (Bewertung)

Ziel des Projektes ist die Testung, Trainingsgestaltung und Bewertung des Techniktrainings im Leistungssport Tischtennis. Am Ende der ersten Projektphase (März) sind folgende Maßnahmen zu bewerten:

- Tischtennis-Technikdiagnostik für das Training
- Tischtennis Rückmeldung und Training durch Video
- Techniktraining in der Halle
- Leistungskontrolle im Wettkampf
- Geplante Maßnahmen zur Rückmeldung von Technikübergängen
- Geplante Maßnahmen zum Training von Technikübergängen

Sie erhalten für jede durchgeführte Maßnahme jetzt einen Bewertungsbogen. Bitte beantworten Sie alle Fragen.

Bitte markieren Sie Ihre Antworten mit einem Kreuz ☒

Haben Sie weitere Anmerkungen oder Begründungen benutzen Sie bitte die letzte Seite dieses Bewertungsbogens

Name:

Funktion:	Spieler	Trainer	Evaluator (selbst)	Evaluator (fremd)
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Evaluation (Gesamtprojekt) Techniktraining im Tischtennis

Zielsetzung des Projektes:

	sehr wichtig	wichtig	weniger wichtig	nicht wichtig
Technikdiagnostik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Videorückmeldung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Techniktraining	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Trainingsdokumentation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wettkampfdiagnostik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lehrplanerweiterung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Umsetzung des Projektes:

	sehr gut	gut	weniger gut	nicht gut
Technikdiagnostik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Videorückmeldung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Techniktraining	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Trainingsdokumentation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wettkampfdiagnostik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Evaluation (Technikdiagnostik I)
Tischtennis-Technikwechsel-Leistungsdagnostik-Test

Bitte verteilen Sie ihre Antworten, da nicht alle Punkte im Projekt umgesetzt werden können.

Analyse der Bewegung

	sehr wichtig	wichtig	weniger wichtig	nicht wichtig
Analyse der Treffer:				
Ballgeschwindigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vorinformation, wo der Ball hinkommt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ob Zielfeld getroffen wurde	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
des Zeitpunktes der Technik im Verlauf	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
der vorher gespielten Technik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Analyse der Treffer:

	sehr wichtig	wichtig	weniger wichtig	nicht wichtig
Gesamt Anzahl der Treffer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Streuung der Treffer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Treffer pro Ballgeschwindigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Treffer mit oder ohne Vorinformation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Treffer am Anfang vs. am Ende einer Sequenz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Evaluation (Technikdiagnostik II)
Tischtennis-Technikwechsel-Leistungsdiagnostik-Test

Durchführung der Technikdiagnostik:

	sehr gut	gut	weniger gut	nicht gut
Zeitdauer (ca. 45 min.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Auswahl der Spieler	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Instruktionen zum Test	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zeitpunkt der Rückmeldung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Behandlung von Spielern	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aufbau der Technikdiagnostik:				

	sehr gut	gut	weniger gut	nicht gut
Gestaltung:				
des Raumes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
des Lichts	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zuspiel durch den Trainer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Benutzung großer Bälle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gestaltung der Sequenzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Evaluation (Videotraining)

Gestaltung des Videos:

	sehr gut	gut	weniger gut	nicht gut
Zeitdauer (ca. 10 min.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Auswahl Musik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Auswahl Vorspann	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Soll-Wert Vorgabe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ist-Wert Videosequenz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Videoinhalte und Videotraining:

	sehr gut	gut	weniger gut	nicht gut
Soll-Wert Vorgabe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ist-Wert Videosequenz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
selbständiges Videotraining	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Videotraining mit Trainer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
vorgeschlagener Umfang	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Evaluation (Techniktraining)

Techniktraining (allgemein):

	sehr gut	gut	weniger gut	nicht gut
Umfang/Training	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Übungsauswahl	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Leistungssteigerung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Korrekturen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Spezifische Übungen:

	sehr gut	gut	weniger gut	nicht gut
Übung 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Übung 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Übung 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Übung 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Übung 5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Übung 6				

Evaluation (Trainingsdokumentaion)

Videotrainingsdokumentation:

	sehr gut	gut	weniger gut	nicht gut
Art der Dokumentation (Tagebücher)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gestaltung der Dokumentation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Inhalte der Dokumentation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hallentrainingsdokumentation:

	sehr gut	gut	weniger gut	nicht gut
Art der Dokumentation (Tagebücher)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gestaltung der Dokumentation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Inhalte der Dokumentation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Evaluation (geplante Wettkampfdiagnostik)

Art der Wettkampfdiagnostik:

	sehr gut	gut	weniger gut	nicht gut
Turnierform im Training	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Offenes Spiel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Expertenbewertung der	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Leistungssteigerung				
Bewertung durch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Spielausgang				

Durchführung der Wettkampfdiagnostik:

	sehr gut	gut	weniger gut	nicht gut
Zulassung nach:				
Leistungsstärke	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TN am TTLT vs.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nicht TN am TTLT				

Evaluation (der Evaluation)

Evaluationsbögen:

	sehr gut	gut	weniger gut	nicht gut
Gesamtprojekt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Technikdiagnostik I	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Technikdiagnostik II	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Techniktraining	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Videotraining	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Trainingsdokumentation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wettkampfdiagnostik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Evaluation der Evaluation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Vielen Dank für die Teilnahme an der Evaluation des Projektes Techniktraining im Leistungssport Tischtennis

Diese folgende Seite ist für weitere Anmerkungen und Bemerkungen:

Bitte verweisen Sie auf die Seite und gegebenenfalls auf die einzelne Frage auf die sich ihre Anmerkung bezieht.

Selbstständigkeitserklärung:

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die beiliegende Promotionsarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Die Arbeit wurde anderweitig noch nicht als Dissertation eingereicht. Die dem angestrebten Verfahren zugrundeliegende Promotionsordnung ist mir bekannt.

Ich bin mit der Aufstellung dieser Arbeit (einschließlich Einsichtnahme und auszugsweiser Fotokopie) in der Dokumentation der Humboldt-Universität einverstanden.

Alle übrigen Rechte behalte ich mir vor. Zitate sind nur mit vollständigen bibliographischen Angaben und dem Vermerk „Unveröffentlichtes Manuskript einer Promotionsarbeit“ zulässig.

Markus Raab,
Berlin, den 24.08.2004